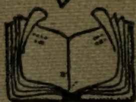
ארבייטער רינג



ביבליאטהעק

נומער 2

דר. אב. קאספע

פיזיק



ארויסגעגעבען פון דער
עדוקיישאנאל קאמיטע פון ארבייטער רינג

אַרבייטער רינג ביבליאָטעק

II.

פיזיק

(מיט בילדער)

פון דר. אב. קאַספּע

אַרויסגעגעבען פון דער

עדיוקיישאַנאַל קאָמיטע פון אַרבייטער רינג.

ניו יאָרק, 1916.




LIBRARY
MAY 1 4 1998
UNIVERSITY OF TORONTO

פ י ז י ק

אינהאלט:

איינפאכע מאשינען

איינליייטונג.

די געשיכטליכע אונטערזוכונגען וועגען דעם אנפאנג פון פיעלע וויסענשאפטען האבען בעוויזען אז כמעט אלע פון זיי זיינען נאטירליכער ווייזע אויסגעוואקסען פון דעם מענשען׳ס פראקטישע בעשעפטיגונגען, פון זיינע פערשיעדענע ארבייטען. נעהמט אפילו אזא אבסטראקטע וויסענשאפט ווי מאטעמאטיק, און וואס בעווייזט אונז די געשיכטע וועגען גאר די ערשטע צייטען, וועגען די ערשטע שפורען אין דער ענטוויקלונג פון דיעזער וויסענשאפט ? דער מענש, ווי די געשיכטע בעווייזט אונז, האט אנגעהויבען אריפמעטיק מיט דעם, וואס ער האט זיך גענומען אויסרעכנען וויפיעל פינגער ער האט אין די הענט און אין די פיס. ניט לייכט איז דאס אנגעקומען דעם מענשען ביז ער האט דערגרייכט די שטופע פון וויסען נור די צאהל פון די פינגער און צו פערשפרייטען זיין מעהר ערווארבענעם וויסען וועגען אזא וויכטיגען ענין צווישען די נאהענטע מענשען, וואס האבען נאך ניט דערגרייכט אזא שטופע פון ענטוויקלונג.

וואס זיינען די ערשטע שפורען פון דער וויסענשאפט געאמעטריע ? געאמעטריע הויבט זיך אן מיט דעם מענשליכען פערלאנג אויסצוגעפינען די לייננ פון זיינע הענט, די מאס פון זיין פוס, די לייננ פון א טראט, ווען ער צושפרייט זיינע פיס, אדער די לייננ פון שפאן, ווען ער צושפרייט דעם גראבען פינגער.

אין דער שפראך זיינען נאך פערבליבען די נעמען פון דיעזע פרימיטיווע מאסען. א פוס, א שפאן, אן אייל (דאס שטאמט ווארשיינליך פון דעם ווארט עלענבויגען, דאס הייסט די לענג פון דעם מענשענ׳ס עלענבויגען ביז די שפיצען פון זיינע פינגער), אט דיעזע לעבענדיגע טהיילען פון זיין קערפער האט דער פרימיטיווער מענש געברויכט אלס די ערשטע געציינ צו מעסטען אנדערע זאכען, אפילו

שטיקער לאנד אויף. דערפון איז שפּעטער אויסגעוואקסען די וויסענ־שאפט געאָמעטריע, וואָס דער טייטש פון דעם גריכישען וואָרט איז די וויסענשאפט פון ערד־ אָדער לאנד־מעסטען.

אזוי איז פון גראָז־קלייבען און גערטנעריי אויסגעוואקסען די וויסענשאפט באָטאַניקע. עלטער פון דער סיסטעמאַטעזירטער ווי־סענשאפט זאָאָלאָגיע (די וויסענשאפט וועגען חיות) איז דאָס ניט סיסטעמאַטיזירטע וויסען פון דעם פּרימיטיווען יעגער, פון דעם פי־שער, און פון דעם פּאסטוך. אזוי קענען מיר מיט רעכט אָנצייגען אויף דעם פּרימיטיווען שמיד ווי אויף דעם עלטעסטען מעכאַני־קער און פיזיקער. אויף דעם ערד־אַרבייטער און גערטנער ווי דעם ערשטען באָטאַניקער, אָדער אַגראָנאָם. דער ערשטער זאָאָלאָג איז געווען דער יעגער, דער ערשטער געאָגראַף און געאָלאָג דער מאַט־ראָס, די ערשטע היסטאָריקער זיינען געווען די אַלטע פאָלק'ס דיכ־טער, די ערשטע דאָקטוירים זיינען געווען די פּרימיטיווע מכשפים, חרטומים אין מצרים, די מערעצין מענער ביי די אַמעריקאַנישע אינדיאַנער, א. ז. וו.

די בעקאַנטשאפט מיט דער געשיכטע פון וויסענשאפטען אי־בערצייגט אונז, אז אַלע וויסענשאפטען אָהן אויסנאַהמע, אפילו די נייעסטע וויסענשאפטען, ווי פּסיכאָלאָגיע און סאָציאָלאָגיע, האָבען זיך אָנגעפאַנגען פון די איינפאַכע, זאַכליכע קאָנקרעטע ערפאַהרונ־גען, ניט פון אַבסטראַקטע געדאַנקען, ניט פון פעסטגעשטעלטע פּרינ־ציפּען. וואָס קען זיין מעהר אבסטראַקט ווי געאָמעטריע אָדער מאַטעמאַטיקע ? און דאָך צייגט אונז דאָס עלטעסטע בוך איבער געאָמעטריע און מאַטעמאַטיקע, א בוך וואָס מען האָט ניט לאַנג געפונען אין מצרים, דער פּאַפּירוס פון אַהמעס, וועלכער איז פער־פאַסט געוואָרען ניט ווייניגער ווי דריי טויזענד מיט זעקס הונדערט יאָהר צוריק, אז אין יענע אַלטע צייטען, אין די ערשטע יאָהרען פון דער ענטוויקלונג פון מאַטעמאַטיקע און געאָמעטריע, זיינען זיי ווייט ניט געווען אַזעלכע אַבסטראַקטע וויסענשאפטען ווי זיי זיינען געוואָרען אין די שפּעטערע צייטען. אין די ערשטע אַבטיי־לונגען אָט פון דעם מערקווירדיגען אַלטען בוך איבער געאָמעטריע ווערט געלערנט ווי צו מעסטען די פּיראַמידען, די אָבעליסקען, ווי צו מעסטען הייזער, שפּאַכלערס, שייערס און אין די ווייטערדיגע

קאפיטלען נאר בעהאנדעלט דער בוך די מעסטונגען פון פלאכען; וואס איז שוין אביסעל מעהר אבסטראקט ווי די קאנקרעטע הייזער שטיינער, סטאטועז. און נאר די גריכען, וואס האבען איבערגענומען ביי די עגיפטיאנער די אנגעצייגטע וויסענשאפטען פון מאטעמא־טיקע און געאמעטריע און האבען זיי ענטוויקעלט ביז דעם העכסטען גראד, האבען איבערגעקעהרט דעם נאטירליכען גאנג פון דיעזע ווי־סענשאפטען, דעם גאנג וואס פיהרט פון די זאכליכע קאנקרעטע ער־פאהרונגען צו די אבסטראקטע פרינציפען, וואס האט זיך איינגע־געבען דעם מענשען צו ענטדעקען. ווען ער האט אנגעהויבען צוזאמען צוקלייבען א געוויסען סארט ערפאהרונגען אין א סיסטעם, אין א ארדנונג, ווען ער האט אנגעהויבען נאכצודענקען איבער דיעזע ער־פאהרונגען און אנשטרענגען זיך צו פערקניפלען זיי אין א לאגי־שען שכל'דיגען צוזאמענהאנג.

ביי די גריכען, נאך הונדערטער יאהרען פון ענטוויקלונג, הוי־בען זיך אן די ערשטע קאפיטלען פון געאמעטריע ניט מיט די מעס־טונגען פון גאנצע הייזער, נאר פון די אבסטראקטע ליניען און פונקטען, זאכען וואס עקזיסטירען גאר אייגענטליך ניט אין דער נאטור, זאכען וואס זיינען נאר פראדוקטען פון דער אנאליזירענ־דער אייגענשאפט פון אונזער מענשליכען שכל און פארשטעלונג־קראפט.*

דעם זעלבען גאנג האבען דורכגעמאכט אלע וויסענשאפטען פון איינפאכע, קאנקרעטע ערפארונגען מיט די נאטירליכע ערשיינונגען צו אבסטראקטע פרינציפען און שכל'דיגע וואהרהייטען.

די גאר אלטע וויסענשאפטען ווי מאטעמאטיק, אסטראנאמיע, מעכאניק, א גרויסער טהייל פון פיזיק האבען שוין דערגרייכט די העכסטע שטופע פון ענטוויקלונג און זיי הויבען זיך אן, גראדע ווי די גריכישע לעהר ביכער איבער געאמעטריע, מיט די שכל'־דיג־ערווארבענע, אבסטראקטע פרינציפען, און פעסטגעשטעלטע וואהרהייטען וואס בינדען צוזאמען די קאנקרעטע נאטור ערשיינונ־

*) די ארדנונג איז פערבליבען ביז היינטיגען טאג אין געאמעטריע די אבטיילונג סאלידע געאמעטריע איז די לעצטע, ניט די ערשטע.

גען, וועלכע זיינען געווען די ערשטע פונדאמענטען פון די פערשיע־דענע וויסענשאפטען.

פיעלע אדער בעסער געזאגט, די גרעסטע טהייל פון די וויסענ־שאפטען ווי באטאניק, זאאלאגיע, פיזיאלאגיע א. ז. וו. זיינען נאך ווייט פון דער הויכער מדרגה פון די מאטעמאטישע וויסענשאפטען און זיי זיינען געצוואונגען דערווייל צו בענוגענען זיך בלויז מיט דער סיסטעמאטיזירונג פון די קאנקרעטע מענשליכע ערפאהרונגען וועגען די פערשיעדענע ענינים, די מיט וועלכע די וויסענשאפטען גיבען זיך אב. אויב אפילו עס זיינען ענדעקט געווארען פיעלע פעסט־געשטעלטע פרינציפען, פיעלע נאטור־געזעצען אין די אלע וויסענ־שאפטען, זיינען זיי נאך ניט אימשטאנד גלייך אנצופאנגען פון דיע־זע אבסטראקטע פרינציפען, ווייל דיעזע פרינציפען בעלייכטען און פערבינדען לאגישער ווייזע גרעסערע אדער קלענערע אבטהיילונגען פון דיעזע וויסענשאפטען. עס פעהלען נאך אבער אזעלכע פרינצי־פען, וואס זאלען דיענען אלס פעסטער און ברייטער פונדאמענט פאר די גרויסע געביידעס פון די אנגעקליבענע קאנקרעטע פאקטען און ערפאהרונגען אויף די פערשיעדענע געביטען פון די וויסענשאפ־טען.

קומענדיג צו דער וויסענשאפט פון פיזיק און מעכאניק, מיט וועלכער מיר ווילען אין דעם ביכעל בעקאנט מאכען דעם איינפאכען אידישען לעזער, געפינען מיר אויך אויס, אז זי האט זיך אנגעפאנגען מיט דעם, וואס זי האט געזוכט צו פערשטעהען די איינפאכע געצייג און אינסטרומענטען, וואס דער מענש האט ענדעקט און אנגעווענ־דעט אום לייכטער צו מאכען זיין ארבייט. אין זיינע בעשעפטי־גונגען צופריעדענצושטעלען זיינע קערפערליכע בעדירפנישע.

דער פראקטישער געברויך פון אזעלכע איינפאכע מאשינען, ווי א לאנגער דראנג, א קלין, אן איינגעבויגענע ברעט איז שוין בעוואוסט געווען אין די גאר אלטע צייטען, אין די צייטען ווען די מענשהייט איז נאך ניט אריינגעטראטען אין איהר געשיכטליכען לעבען.

אין די אויסגראבונגען פון אשור און מצרים געפינט מען פיעלע שטיינער, אויף וועלכע עס זיינען אויסגעקריצט בילדער פון אט די איינפאכסטע מאשינען, ווי א קלין, א שטאנג א. ז. וו., שפעטער איז

פיזיק און מעכאניק אויסגעוואקסען אין אן אלגעמיינע לעהרע איבער די אבסטראקטע פרינציפען און פעסטגעשטעלטע געזעצען וועגען די ערשיינונגען פון בעוועגונג אין נאטור, וועגען די אלגעמיינע אייגענשאפטען פון אזעלכע אבסטראקטע בעגריפען ווי מאטעריע, ענערגיע, אייגענשאפטען ניט פון דער אדער יענער קאנקרעטער זאך, פון דעם אדער יענעם שטיין, פון דעם שטיק האלץ, פון דעם שטיק אייזען, נאר אייגענשאפטען וואס בעלאנגען צו אלע זאכען אויף דער וועלט אפילו צו דער זון, די שטערען, צו אלעם וואס ווירקט אויף אונזערע פינף חושים, צו אונזער אייגענעם קערפער און דעם גאנצען אוניווערסום.

דיעזע וויסענשאפטען פון פיזיק און מעכאניק זיינען געווארען די פונדאמענטען פון אלע אנדערע עקספערימענטאלע וויסענשאפטען ; זייערע פעסטגעשטעלטע נאטור־געזעצען ווירקען איבעראל ניט נאר אין די טוידטע, אונארגאנישע זאכען, זיי ווירקען אין יעדען טהייל פון דער לעבענדיגער וועלט : פון מענשען, חיות און פלאנצען, זיי ווירקען אין יעדען איינצעלנעם אינדיווידואום און אין זיינע געזעלשאפטען.

ווי איך האב פריהער דערמאנט, איז מעכאניק און א גרויסער טהייל פון פיזיק צו היינטיגער צייט אזוי הויך ענטוויקעלט, אז איהרע לעהרביכער הויבען אהן גלייך פון די אלגעמיינע אבסטראקטע פרינציפען, פון די אלגעמיינע געזעצע פון בעוועגונג און ענערגיע, ווייל דיעזע געזעצען בעלויכטען אזוי גוט ווי אין די אבסטראקטע וויסענשאפטען פון מאטעמאטיק און געאמעטריע, אונזערע קאנקרעטע ערפאהרונגען וועגען דעם ענין.

מעכאניק ווי דער ווארט צייגט, האט זיך אנגעפאנגען פון שטודירען די מאשינען. צו היינטיגער צייט איז מעכאניק שוין ווייט ניט דאס, וואס זי איז געווען אין אנפאנג, זי נעהמט יעצט בדייט ארום די לעהרע וועגען אלע זאכען, וואס בעוועגען זיך פון די גרעסטע, ווי די זונען און פלאנעטען, ביז די קלענסטע טהיילען, וואס מיט קיין פערגרעסערונג גלאז קען מען זיי ניט זעהען, די אטאמען און די מאלעקולען, פון וועלכע אלע זאכען זיינען צוזאמענגעשטעלט.

די ערשיינונגען פון נאַטור, אַלע אַהן אויסנאַהמע, שטעלען פאַר אונז פאַר אַ וועלט, וואָס האַלט אימער אין בייטען זיך דורך דער אייביגער און אַנאויפהערליכער בעוועגונג. מעכאַניק איז, ווי דער פיזיקער קירכהאָף דריקט זיך אויס, די וויסענשאַפט פון בעוועגונג, און דאָס הייסט מיט אַנדערע ווערטער, אַז איהר פעלד פון אונטערזוכונג איז די גאַנצע נאַטור.

מעכאַניקע איז אויך די עלטסטע וויסענשאַפט אין דער וועלט זי האָט לאַנג אוועקגעוואָרפען די פראַגען, וואָרום, די זאַכען בעוועגען זיך, און צי עקזיסטירען גאָר די זאַכען אין דערווירקליכקייט? זי האָט איבערגעלאָזט די פרובטלאַזע פראַגען פון "וואָרום„ צו די מעטאַפיזיקער, צו די טהעאָלאָגען און פילאָזאָפען. און האָט זיך גענומען פאַר די פראַגע ווי אַזוי די וועלט און די זאַכען אין איהר בעוועגען זיך. מעכאַניק האָט די ערשטע גענומען קוקען אויף דער וועלט ווי זי איז, און איז צופריעדען געווען צו שטודירען און צו לערנען מיט אַלע מעגליכקייטען. „ווי אַזוי“ די וועלט געהט, ווי אַזוי די ערשיינונגען קניפּען זיך איינע מיט די אַנדערע, וועלכע רעגעלמעסיגקייט אָדער געזעצליכקייט הערשט איז איהרע בעוועגונגען און אין איהרע איבערגאַנגען פון איין פאָרמע צו דער אַנדערער.

מיר וועלען אויך אַנפאַנגען מיט די איינפאַכע מאַשינען, מיט דעם, מיט וואָס מאַכאַניק האָט אין דער געשיכטע אָנגעפאַנגען איהר ענטוויקלונג. אפריהער וועלען מיר אָבער מוזען געבען איניגע קאַפּיטלען וועגען די עלעמענטאַרע בעגריפען פון מעכאַניק, איידער מיר וועלען צוטרעטען צו דעם ענין פון די איינפאַכע מאַשינען. מיר וועלען מוזען געברויכען אַזעלכע ווערטער ווי קראַפט, בעוועגונג, רייבונג,. א ז. וו,. און ווי אין יעדער וויסענשאַפטליכער אַבהאַנדלונג מוז מען אפריהער פעסטשטעלען קלאָר און דייטליך דעם פּינקטליכען, שטרענגען בעגריף פון די ווערטער אָדער טערמינען, וואָס אויף זיי, ווי אויף אַ פונדאַמענט, ווערט געבויט דער גאַנצער ענין.

ערשטער קאפיטעל

פיזיקאלישע וויסענשאפטען בעהאנדלען די אלגעמיינע איי־נענשאפטען פון שטאף און בעוועגונג. וועגען זיי קען מען מיט זי־כערהייט זאגען, אז זיי שטעלען מיט זיך פאר דעם פונדאמענט פון אלע עקספערימענטאלע וויסענשאפטען. די געזעצען פון פיזיק הער־שען ניט נאר אין דער ניט־ארגאנישער וועלט, זיי הערשען אי־בעראל איבער דער גאנצער נאטור: סיי אין דער טוידטער, סיי אין דער לעבענדיגער וועלט; לעבענדיגע ארגאניזמען און די מינדעס־טע טהיילען פון זיי זיינען דאך געמאכט פון שטאף, און אפילו די פונקציאנען, די לעבענדיגע פראצעסען פון די פערשיעדענע ארגא־נען, אזוי גוט ווי דאס לעבען אליין פון די ארגאניזמען, זיינען ענג פערבונדען און זיינען אבהענגיג פון די בעוועגונגען, וואס קו־מען פאר אין דעם שטאף אדער שטאפען, וואס שטעלען צוזאמען די ארגאנען, אין דעם שטאף פון די צעלען און געוועבען פון וועל־כע יעדער ארגאניזם איז געבויט.

צו די פיזיקאלישע וויסענשאפטען געהערען אייגענטליך די דריי גרויסע צווייגען פון נאטור וויסענשאפט: מעכאניק, פיזיק און כעמיע. מיר וועלען זיך מוזען אבשטעלען אויף א ווייל צו ער־קלערען דעם אונטערשייד פון דיעזע דריי צווייגען, פון וועלכע יע־דער איינער איז צו היינטיגער צייט אויסגעוואקסען אין א גרויסער זעלבסטשטענדיגען בלום, און מיר מוזען אנצייגען וועלכע נאטור ערשיינונגען געהערען צו מעכאניק, וועלכע צו פיזיק און וועל־כע צו כעמיע.

אין די שפעטערדיגע ארטיקלען וועט אויסקומען אבצושטעלען זיך אויף א מעהר פינקטליכען אנאליז פון דעם בעגריף „קראפט“. די מאדערנע מעכאניק און פיזיק וואלטען גערן אויסמיידען אין גאנצען דעם ווארט, די קראפט, ווייל עס רופט ארויס פאלשע בע־גריפען, דערווייל וועלען מיר דאך מוזען בענוצען זיך מיט דעם ווארט, און געבען א קורצע ערקלערונג וועגען דעם זין, אין וועלכען דאס ווארט קראפט ווערט געברויכט אין פיזיק.

יעדע פערענדערונג אין א זאך, די קלענסטע פערענדערונג, וועלכע מיר קענען קוים בעמערקען, מוז איהר אורזאכע האבען. שטעלט זיך פאר אז דער טעלעגראף, עלעקטרישע בעלייכטונגען, עלעקטרישע וואגאנען און נאך פיעלע אנדערע טויזענדע ענדערונגען וועלכע זיינען שוין געמאכט געווארען און וועלען וועלכע וועלען נאך געמאכט ווע־רען אין דעם געביט פון עלעקטריציטעט. שטעלט זיך פאר אז אלע דיעזע גרעסטע און וואונדערליכע ענדעקונגען פון דעם לעצטען יאהר־הונדערט, האבען זיך אנגעפאנגען פון א פוסטע זאך, פון א שפיעל, פון דעם פאקט אז ווען מען רייבט א גוטאפערטשענעם קאם אן א שטיקעל וואל אדער פלאנעל, בעקומט דער קאם נייע אייגענשאפ־טען : ער ציהט צו קליינע שטיקלעך פאפיער, לייכטע שטיקלאך האלץ א. ז. וו.. דיעזע נייע סארט פערענדערונג אין קאם ווען מען רייבט איהם אן א שטיקעל געוואנט, א פערענדערונג וואס האט ניט געקענט ערקלערט ווערען דורך קיינע קראפטען אדער סיבות וואס זיינען צו יענער צייט בעוואוסט געווען. אבער ווען פאר דעם נייעם סארט פאראנדערונג האבען זיך גענומען אזעלכע דיינקער און נאטור־פארשער ווי גילבערט און נויטאן, האבען זיי אויסגעפונען גאנצע נייע רייהען פון פערענדערונגען וואס קומען פאר אין נאטור, פער־ענדערונגען וואס שטאמען אלע פון איין סיבה, און די וועלט איז בעקאנט געווארען מיט א נייע קראפט־עלעקטריציטעט (עלעקטראן הייסט אין גריכיש ברוסטין, אין ברוסטין האט מען נאך פריהער אין דעם אלטען גריכענלאנד בעמערקט דיעזע פערענדערונג ווען מען רייבט איהם אן געוואנט) א קראפט וועלכע שפיעלט א גרויסע ראלע אין דער נאטור, וועלכע מאכט דעם דונער און בליץ, יעלכע העלפט מאכען דעם האגעל, א קראפט מיט וועלכער מיר בענוצען זיך יעצט אין הונדערטע וועגען.

איהר שטעלט ארויף א טאפ וואסער אויף א הייסען אויווען, די וואסער הויבט זיך אן צו פערענדערען, זי ווערט ווארעם, זי ווערט הייס, זי זידט, זי ווערט פערוואנדעלט אין דאמפף, אלע דיעזע פער־ענדערונגען מוזען זיין רעזולטאטען פון א סיבה.

אלע אורזאכען, אלע סיבות, וועלעכע ברייגגען געוויסע סארטען פערענדערונגען, אייגענארטיגע מינים בעוועגונגען אין נאטור, היי־סען אין וויסענשאפט קרעפטען. מיט יעדער קראפט זיינען פערקרי־

פעלט און פערבונדען צאהלרייכע רייהען פון ערשיינונגען און פערענ־דערונגען אין די זאכען. ביז יעצט זיינען דייטליכער אויסגעפּאַרשט געוואָרען נאָר 6 פערשיעדענע קרעפטען, דורך וועלכע מיר קענען דעם גרעסטען טהייל פון די ערשיינונגען פון דער גאנצער נאטור־וועלט ערקלערען.

אויסער די זעקס קראפטען איז נאָך פאראן איין קראפט, וועל־כע הערשט אין אלעס, וואָס לעבט : אין פלאנצען, חיות, מענשען און געזעלשאפטען, די קראפט איז נאָך גאנץ טונקעל פאר אונזער פערשטאנד, איינינע צווייפלען אפילו אין איהר עקזיסטענץ, אָבער די אנדערע זעקס קראפטען וועלכע הערשען אין דער אונארגאנישער וועלט זיינען שוין פיעל מעהר בעקאנט און אויסגעפּאַרשט, און זיי ווערען צוטהיילט אין דריי טהיילען ; מעכאנישע, פיזישע און כע־מישע קראפטען. די מעכאנישע קראפט איז א קראפט, וועלכע מאכט גאנצע קערפּער, גאנצע שטיק שטאָף זיך צו בעוועגען. ווען א שטיין פאלט צו דער ערד, דאָס הייסט אונזערע אויגען זעהען דעם גאנצען שטיין אין בעוועגונג, ווען די רעדער אין די מאשינען דרייהען זיך און קלאפּען, דאן זאָגען מיר, אז זיי טהוען מעכאנישע ארבייט, און דאָס זיי זיינען בעוועגט דורך א מעכאנישע קראפט. אלע קרעפטען וואָס פערענדערען די בעוועגונג פון דעם גאנצען קערפּער ווי איין שטיק, סיי זיי ברייגען א זאַך, וואָס רוהט אין בעוועגונג, אָדער פערקעהרט א זאַך, וואָס בעוועגט זיך צו רוהע, סיי זיי פעראור־זאכען, אז די זאַך זאָל זיך אָנהויבען צו בעוועגען שנעלער, אָדער לאַנגזאמער, סיי זיי בייטען די ריכטונג פון דער בעוועגונג הייסען מעכאנישע קראפטען. דארום איז די קראפט, וואָס מאכט די בעווע־גונג פון דער ערד, פון אלע אנדערע פּלאנעטען, פון די שטערען, פון דער זון א מעכאנישע קראפט ווייל זי מאכט א בעוועגונג אין די הימילשע קערפּער, ווירקענדיג אויף זייער גאנצער מאסע צוזאמען ווי אויף איין שטיק ; דארום איז די קראפט, וואָס מאכט אז אלע זאַ־כען זאָלען פאלען אויף דער ערד, א מעכאנישע קראפט, ווייל זי מאכט די זאַך זאָל זיך בעוועגען ווי איין שטיק.

אָבער אויסער מעכאנישער קראפט זיינען פערהאנדען אנדערע קרעפטען וואָס מאכען פערענדערונגען אין שטאָף, בעת אונזער אויג בעמערקט קיינע בעוועגונג. נעהמט צום ביישפּיעל דעם טעלעגראַ־

פישען דראַט, די שאַרפסטע אויג וועט ניט בעמערקען קיין אונטער־שיעד אין דעם דראַט ווען א דעפּעשע ווערט געשיקט, קיינע בעווע־גונג איז צו זעהען אין דעם דראַט. ער זעהט אויס גראַדע דער זעל־בער, ווען די דעפּעשע געהט דורך איהם דורך אָדער ניט. און דאָך קומט פאָר א גרויסע פערענדערונג אין דעם דראַט, ווען מיר שיקען א דעפּעשע, פּרובירט איהם נאָר אנריהרען אין דער צייט ווען א דעפּעשע לויפט דורך, דורך איהם און איהר וועט גלייך דערפיהלען די פערענדערונג. אויב עס איז דאָ א גרויסע פערענדערונג אין דעם דראַט, מוז דאָך, ווי מיר האָבען געזעהען, די פערענדערונג האָבען אַן אורזאַכע, א קראַפט וואָס מאַכט דיעזע פערענדערונג. די קראַפט, וואָס מאַכט דיעזע פערענדערונג, הייסט עלעקטריציטעט. דער דראַט מיט דער דעפּעשע איז עלעקטריזירט. אָבער ווי איהר זעהט די קראַפט פון עלעקטריציטעט, ווירקענדיג אויפ'ן דראַט, מאַכט קיין בעוועגונג אין דעם דראַט ווי איין גאַנצע שטיק שטאָף.

עס פרעגט זיך וואָס פאַר א בעוועגונג האָט דיעזע קראַפט גע־מאַכט? די עלעקטרישע קראַפט האָט קיין בעוועגונג געמאַכט אין דעם גאַנצען שטיק דראַט, אָבער זי האָט א שפּעציעלע בעוועגונג געמאַכט אינוויניג אין די קליינע טיילכעלאַך פון דעם דראַט.

די קליינע טיילכעלאַך, פון וועלכע יעדע שטיק שטאָף בעשטעהט, הייסען מאָלעקולען. אַלע קרעפטען וואָס ענדערען די בעוועגונגען פון די מאָלעקולען און ניט פון דער גאַנצער זאַך ווי איין שטיק, היי־סען פיזישע קראַפטען. דאַרום איז עלעקטריציטעט א פיזישע קראַפט. דער שטיק דראַט דורך וועלכען די פיזישע קראַפט פון עלעקטריציטעט געהט דורך, ווען מען שיקט א דעפּעשע, בלייבט אונפערענדערט, דערפאַר אָבער ווערען פערענדערט די פערהעלטני־סע פון זיינע קליינע טיילכעלאַך און זייערע בעוועגונגען.

ריכטיגע פיזישע קרעפטען האָבען מיר פיער—עלעקטריציטעט און מאַגנעטיזם, היץ און ליכט.

איהר לעגט אריין א לעפעלע אין א הייס גלאָז טעה, די אויג בעמערקט ניט קיינע פערענדערונגען אין דעם לעפעלע, און דאָך ווען איהר ריהרט איהר אַן, פיהלט איהר, אז די לעפעלע איז הייס, א פערענדערונג איז דאָ פאָרגעקומען, די קראַפט אָדער אורזאַכע וואָס האָט געמאַכט די ענדערונג, איז אַנאַנדער פיזישע קראַפט, די

קראפט פון היץ, זי איז א פיזישע קראפט, ווייל זי ווירקט נאר אויף די קליינע טיילכעלאך פון די זאכען, מאכענדיג א נייע סארט בע־וועגונג אין זיי, אבער דער שטיק שטאהל ווי איין גאנצעם בלייבט אונפערענדערט. ווען איהר נעהמט א שטאלענע נאדעל און רייבט איהר אן מיט א מאגנעט, ווערט די נאדעל אויך א מאגנעט. ווי איהר קוקט אן די שטאלענע נאדעל פאר דעם איידער זי איז געווארען א מאגנעט און נאך דעם , וועט איהר קיין ברעקעל אונטערשיעד ניט קענען געפינען, און דאך האט די נאדעל ווען זי איז געווארען א מאגנעט א נייעס איינגענשאפט אין זיך געקראגען, א איינגענשאפט אייזען צו זיך צו ציהען, א איינגענשאפט וועלכע זי האט פריהער אין זיך ניט געהאט, א פערענדערונג איז אין דער נאדעל פארגעקו־מען, און די אורזאכע אדער די קראפט וואס האט די פערענדערונג ארויסגערופען, איז אויך א פיזישע קראפט, דהיינו די קראפט פון מאגנעטיזם.

אין אלע דיעזע פאלען האבען די פיזישע קרעפטען געמאכט פערענדערונגען אין דער בעוועגונג פון די קליינע טהיילכעלאך פון שטאף אין דער צייט, ווען ער ווי איין גאנצע שטיק פערבלייבט אין דער זעלבער לאגע ווי פריהער און זעהט אויס ווי פריהער. בלויז די לעצטע פיזישע קראפט, די קראפט פון ליכט מאכט יע אין די זא־כען, אויף וועלכע זי ווירקט, א פערענדערונג אין דעם אויסזעהען. מיר זעהען ווי זיי הויבען אן צו שיינען, אבער דאך רופט זי אויך ניט ארויס קיינע בעוועגונגען אין דעם גאנצען שטיק שטאף, ווי ליכטיג עס זאל ניט זיין. אלץ טאקע בלייבט ליכט א פיזישע קראפט ווייל זי פעראורזאכט בעוועגונגען ניט אין דעם גאנצען שטיק שטאף, נאר אין די מאלעקולען פון שטאף, דערפאר רופען די פיזיקער די אלע פיער פיזישע קרעפטען ; היץ און ליכט, עלעקטריציטעט און מאגנעטיזמוס — מאלעקולארע קרעפטען.

די מעכאנישע קרעפטען און די פיזישע שטעהען ניט אזוי שטארק אבגעזונדערט, דאס איינע זאל קיין מאל ניט פערוואנדעלט ווערען אין די אנדערע, גראדע פערקעהרט : זיי געהען גאנץ אפט איבער איינע אין די אנדערע.

אויב מען קלאפט שטארק מיט׳ן האמער, דאס הייסט, אז

מען בעוועגט דעם האמער מעכאניש, ווערט ער דערביי דערהיצט און פערקעהרט: פון דער קראפט פון היץ, מיט וועלכער מיר פער־וואנדלען וואסער אין דאמפף, ווערט בעשאפען די מעכאנישע קראפט וואס טרייבט דעם לאקאמאטיף. און אזוינע ביישפיעלע קענען מיר געפינען מאסען, ווען די מעכאנישע קראפט ווערט פערוואנדעלט אין פיזישע און פערקעהרט. גראדע אזוי ווי פון איין פיזישע קראפט ווערט געשאפען אן אנדערע פיזישע קראפט. וועגען דעם איבער־גאנג פון מעכאנישע קראפט אין פיזישע וועט אונז נאך פילייכט געלינגען צו ריידען מיט מעהר אויספירליכקייט אין א בעזונדער קאפיטעל. יעצט בלייבט אונז אין קורצען צו בעטראכטען די איינ־צעלנע קראפט וואס איז איבערגעבליבען, דהיינו די כעמישע קראפט, אדער ווי זי הייסט אין וויסענשאפט די קראפט פון כע־מישער פערוואנדשאפט.

סיי די מעכאנישע, סיי די פיזישע קרעפטען קענען ניט מא־כען קיינע זאכען אדער נייע קערפער, זיי קענען נור ענדערען די אייגענשאפטען פון דער זאך, אבער די זאך גופא בלייבט ווי זי איז געווען. ווען דער עפעל פאלט אראב פון בוים דורך דעם וואס ער ווערט צוגעצויגען פון דער ערד, בלייבט ער אלץ דער זעלבער עפעל. דורך דער ווירקונג פון דער מעכאנישער קראפט, דער צוציהונגס־קראפט צווישען דעם שטאף פון דער ערד און דעם שטאף פון דעם עפעל, האט דער עפעל בעקומען א נייע אייגענשאפט, ער איז זיך געהאנגען גאנץ רוהיג און יעצט, ווען די פערבינדונג מיט'ן בוים ווערט שוואך, הויבט ער זיך אן צו בעוועגען אדער צו פאלען צו דער ערד. ווי נאר ער קומט אבער צו דער ערד, בלייבט ער דער זעלבער עפעל ווי געווען. דער דראט דורך וועלכען די עלעקטריציטעט פליסט, טראגענדיג נייעס פון עק וועלט צום אנ־דערען, בלייבט דערזעלבער דראט. כל זמן די עלעקטרישע קראפט פליסט דורך איהם, קריגט ער נייע אייגענשאפטען, אבער דער שטאף זעלבסט בייט זיך ניט, ער איז געווען א קופערנער אדער אן אייזערנער דראט פאר דעם און ער איז פערבליבען דאס זעלבע נאך דעם.

די זעלבע זאך איז ריכטיג וועגען דער הייסער לעפעלע וואס איז דערהיצט געווארען דורך די קראפט פון היץ, דער שטיקעל

קויל וואס שיינט אזוי פיין און העל אין די עלעקטרישע לאמפען. ווען א שטארקער שטראם פון עלעקטריציטעט נעהט דורך. דורך איהם, בלייבט אלץ קויל; און ווי נור דער שטראם הערט אויף, בלייבט פון איהם א שווארצער און דונקעלער קויל גלייך ווי ער וואלט גאר קיין מאל ניט געלויכטען מיט אזא פראכט.

אבער גאנץ אנדערש איז די זאך מיט דער כעמישער קראפט. די אנדערע קרעפטען בעשאפען נאר אייגענשאפטען, די כעמישע קראפט אבער בעשאפט זאכען, זי מאכט איבער די זאכען, זי מאכט פון איין זאך צוויי אדער מעהרערע זאכען, אדער פון מעהר זאכען איין זאך מיט גאנץ נייע אייגענשאפטען. די כעמישע קראפט צווינגט געוויסע מאטעריען אדער עלעמענטען צו פערבינדען זיך מיט אנדערע מאטעריען אדער עלעמענטען, ווען די קוילען ברענען און גליהען אין אויוועו, ווירקט אויף זיי די כעמישע קראפט אדער די כעמישע פערוואנדשאפט, וועלכע עקזיסטירט צווישען קוילען און דעם זויערשטאף פון דער לופט. דיעזע קראפט טרייבט דעם זויערשטאף פון דער לופט ער זאל זיך פערבינדען אין איין קערפער, אין א נייעם געגענשטאנד מיט די קוילען. און די פאלגע פון דער ווירקונג פון דיעזער קראפט איז דער געבורט פון א נייעם קערפער, א נייעם גאז, וועלכער הייסט קוילען־זויער־גאז, הערט אויף די כעמישע קראפט וואס האט זיי געטריבען צו פעראייניגען זיך, זיינען די קוילען ניט מעהר קוילען, און דער זויער־שטאף ניט מעהר זויערשטאף. זיי זיינען ביידע פערשוואונדען געווארן, דורך כעמישער קראפט, וואס איז געווען אין זיי, אין זייערע שטאפען, האבען זיי זיך בעהעפט, און דערפון איז געבארען געווארען א נייער קערפער, א נייער גאז. דער גאז בעשטעהט טאקע פון קוילען און זויער־שטאף, אבער ער האט ניט די אייגענשאפטען ניט פון די קוילען און ניט פון דעם זויער־שטאף. קוילען זיינען הארט און שווארץ און זיינען פעהיג צו ברענען. און דער נייער גאז קוילען־זויער איז ניט הארט און ניט שווארץ און קען ניט ברענען. דער זויער־שטאף, ווידער איז א זעהר ענערגישער גאז. אהן איהם קען גאר ניט ברענען, ער האלט אויף דעם פייער. דער נייער גאז איז פיעל שווע־רער ווי זויער־שטאף, ער איז פיעל ווייניגער טהעטיג ווי דער זויער־

יטשטאף. און ניט נאר איז דער זויער־גאז אונפעהיג צו ברענען, ער לעשט זאגאר דעם פייער.

דאס צייגט אונז, אז פון דער כעמישער קראפט וואס ווירקט אויף איין סארט מאטעריע אזוי און אויף אן אנדערע אנדערש, ווערען בעשאפען נייע געגענשטענדען מיט גאנץ נייע אייגענשאפ־טען, וואס בלייבען אין דער זאך אפילו נאכדעם ווי זייער פער־אייניגונג האט זיך געענדיגט. אום צוריק צו בעקומען די קוילען־למשל פון דעם קוילען זויער־שטאף מוז מען קריגען אזא מין שטאף, וועלכער זאל האבען א שטארקערע פערוואנדשאפט צו פערבינדען זיך מיט דעם זויער־שטאף ווי די קוילען, און דאן וועט דער וויער־שטאף אוועקגעלאזען זיין פערבינדונג און וועט זיך פער־בינדען מיט דעם נייעם שטאף. און דאן וועט איהר קריגען די קוי־לען ווייטער ריין און פריי ווי פריהער.

אויך זאל מען ניט מיינען, אז די כעמישע קראפט איז א גאנץ בעזאנדערע קראפט, וואס האט מיט די אנדערע מעכאנישע און פי־זישע קרעפטען גאר ניט צו טהאן. גראדע פערקעהרט: די פיזישע קרעפטען פון ליכט, היץ און עלעקטריציטעט העלפען פיעל דער כעמישער קראפט. אם מייסטען העלפען דיעזע פיזישע קרעפטען צו פערגרעסערען די כעמישע פערוואנדשאפט, אמאל אויך צו פער־קלענערען. ווען מען לאזט אן עלעקטרישען שטראם פליסען דורך וואסער, שוואכט אב דיעזער שטראם די כעמישע פערבינדונג צווי־שען וואסער־שטאף און זויער־שטאף, וועלכע אין כעמישער צו־זאמענהעפטונג מאכען דעם וואסער, און דאס וואסער צוטהיילט זיך אויף זיינע צוויי טהיילען, אדער עלעמענטען: וואסער־שטאף און זויער־שטאף. אין וואסער זיינען די 2 גאזען, כעמיש פערבונ־דען, דאס הייסט צווישען די צוויי גאזען — וואסער - שטאף און זויער־שטאף — איז אזא גרויסע כעמישע פערוואנדשאפט, וועל־כע האלט זיי צוזאמען פערבונדען אין וואסער, אבער ווען עלעק־טריציטעט געהט דורך דעם וואסער, שוואכט אב די עלעקטרישע קראפט די פערוואנדשאפט פון די עלעמענטען, און דאס וואסער פאלט זיך פענאנדער אין די צוויי גאזען פון וועלכע עס איז גע־מאכט געווארען. עס טרעפט אויך פערקעהרט, אז די כעמישע קראפט

ווערט פערוואנדעלט אין פיזישע קרעפטען. ברענען איז א פראצעס פון כעמישע פעראייניגונג צווישען די מאטעריאלען וואס געפינען זיך אין האלץ, אין קעראסין א. ז. וו., מיט דעם זויער־שטאף פון לופט, אבער דערביי ווערען אויך ענטוויקעלט וועלכע פיזישע קרעפ־טען ווי ליכט, היץ א. ז. וו., דיעזער איבערגאנג פון איין קראפט צו די אנדערע פיהרט אונז ארויף אויף׳ן געדאנק, אז אלע קרעפטען זיינען נאר פערשיעדענע פארמען פון דער אלגעמיינער קראפט אדער בעוועגונג, וואס געפינט זיך אין שטאף.

עס איז זעלבסט פערשטענדליך אז די ערשטע פון די דריי פיזיקאלישע וויסענשאפטען האט זיך ענטוויקעלט מעכאניק, ווייל זי האט אנגעהויבען צו בעטראכטען די בעוועגונגען וואס יעדער קען זעהען, די בעוועגונגען פון גאנצע שטיקער שטאף.

* * *

צווייטער קאַפּיטעל

בעוועגונג און רוהע.

דאכט זיך, וואָס קען שוין זיין איינפאַכער ווי די דאָזיגע צוויי ענטגעגענזעצטע צושטענדען פון מאַטעריע, יעדע זאַך געפינט זיך אָדער אין דעם צושטאַנד פון בעוועגונג אָדער אין דעם היפּך פון בעוועגונג, דאָס הייסט אין דעם צושטאַנד פון אונבעוועגליכקייט אָדער רוהע, און דאָך, אויב מיר טרעטען צו צו בעטראַכטען דעם ענין אביסעל טיפער, וועלען מיר גלייך דערזעהן אז די זאַך איז גאָר ניט אזוי איינפאַך ווי עס האָט זיך אונז געדאַכט פון אויבען אויף. א מאַן פאָהרט אויף א וועליסאָפּעד, דער וועליסאָפּעד בעוועגט זיך, דאָס זעהען אַלע, ניט נאָר דערפאַר וואָס איהר זעהט, אז זיינע רעדער דרעהען זיך, נאָר הויפּזעכליך דערפאַר, וואָס איהר זעהט דעם וועליסאָפּעד אין איין מאָמענט דאָ און אין דעם צווייטען מאָמענט שוין אויף איין אַנדער פּלאַץ ווייט פון אייך, אזוי ווי צוזאַמען מיט'ן וועליסאָפּעד ערווייטערט זיך אויך פון אייך דער מענש וואָס זיצט אויף איהם, זאָגט איהר דאָך, אז דער מאַן בעוועגט זיך, עס מאַכט גאָר ווייניג אויס צי דער מאַן מוז צוליעב דעם צוועק ארבייטען אָדער בעוועגען מיט זיינע פיס צי ניט, דער מאַן וואָס ארבייט מיט זיינע פיס אום צו טרייבען דעם וועליסאָפּעד, קען דאָך נעהמען מיט זיך א צווייטען, וועלכער קען זיך זיצען גאַנץ רוהיג און איהר וועט מוזען צוגעבען אז די ביידע מענשען פאָהרען אָדער בעוועגען זיך מיט דער זעלבער שנעלקייט, דער צווייטער אזוי גוט ווי דער ערשטער, וואָס מוז מאַכען געוויסע קערפּערליכע בעוועגונגען אום צו טרייבען דעם וועליסאָפּעד. אָדער נאָך בעסער, נעמט אזא ביישפּיעל, א מאַן געהט ארום אויפ'ן דעק פון א שיף, וואָס בעוועגט זיך מיט א געוויסער שנעלקייט און האַלט אין האַנד א באַל, אָדער ווי מען רופט דאָס אין רוסלאַנד א פּילקע; אויב ער שפּיעלט זיך מיט'ן באַל און וואַרפט איהם אַרום, וועט דאָך יעדערער מוזען צוגעבען, אז דער באַל בעוועגט זיך ; קענען מיר דען זאָגען אז ער בעוועגט זיך ניט, ווען דער מאַן האַלט איהם אין זיין האַנד, און שפּאַצירט ארום איבער'ן שיף מיט'ן באַל אין זיין האַנד? און ווען אפילו דער מאַן זאָל אויפהע־

רען צו שפּאַצירען אויפ'ן דעק פון שיף, און זיך רוהיג אוועקזעצען אויף אַ שטול אָדער ליגען רוהיג אין זיין בעט און שלאָפען, קענען מיר דען זאָגען, אז דער מאַן איז אין אַ צושטאַנד פון פאָלקאָמענער רוהע און ער בלייבט אימער אויף איין פּלאַץ, כל זמן די שיף, אויף וועלכער ער געפינט זיך, זעצט פאָר די רייזע און בעוועגט זיך אימער פאָרט מיט דער זעלבער שנעלקייט און בלייבט ניט שטעהן אויף איין אָרט. און ווען אפילו עס שטעלט זיך אָב די שיף, און דאָ דאַכט זיך אונז האָבען מיר דאָך געוויס אַ פאָלקאָמענע רוהע, דאַן בלייבט דאָך די שיף מיט'ן מאַן מיט'ן באָל אין זיין האַנד אויף איין פּלאַץ, איז דאָס נאָך אַלץ קיין פאָלקאָמענע רוהע. דאָס וועט נאָר הייסען אז די שיף מיט אַלע זאַכען און מענשען וואָס געפינען זיך אין איהר וועלען בלייבען אויף דעם זעלבען פּלאַץ, אויף דעם זעלבען פונקט אויף דער ערד. מיר ווייסען דאָך אָבער, אז די ערד גופא בעוועגט זיך און דרעהט זיך אויף איהר אייגענער אַקס מיט אַ שנעלקייט פון טויזענד מייל אַ שטונדע ביים עקוואַטאָר, עטוואָס וויינינגער אין די פּלעצער וואָס זיינען ערוויטערט פון דעם עקוואַטאָר, און צו דערזעלבער צייט טראָגט זיך די ערד מיט אַן אונגעהייערער שנעלקייט פון אַכצעהן מייל יעדע סעקונדע אין אַ ראָד ארום דער זון. און די גרויסע מאַיעסטעטישע זון אליין, דער קוואַל פון ליכט און וואַרעמקייט, פון לעבען און בעוועגונג דאָ אויף דער ערד און אויף אַלע אנדערע פּלאַנעטען וואָס דרעהען זיך אין זייערע קרייזען אָדער עליפּסען ארום איהר, ווי עס איז יעצט פעסטגעשטעלט געוואָרען, שטעהט ניט אויף איין פּלאַץ, נאָר זי טראָגט זיך מיט אַ ערשטוינענדע געשווינדקייט אין דעם אַלל-וועלטליכען רוים, אין וועלכען זי, די גרויסע און מעכטיגע זון, זעהט אויס ניט מעהר ווי אַ קליין אונבעדייטענדע פּינטעלע. הייסט דאָס אז אַן אבסאָלוטע רוהע, אַ צושטאַנד פון ניט בעוועגונג איז גאָר אויף דער וועלט ניטאָ, ניט מיר ווייסען און ניט מיר קענען גאָר וויסען פון אזאַ צושטאַנד.

ווען מיר ריידען שוין יאָ פון רוהע, מיינט מען מיט דעם ניט די אבסאָלוטע רוהע, נאָר אַ פּערהעלטניסמעסיגע אָדער רעלאַטיווע רוהע, דאָס הייסט אין פערגלייך מיט אַנאַנדער געגענשטאַנד, דאָס זעלבע איז אויך מיט דעם וואָרט "בעוועגונג„ אין

דעם מעכאנישען זין. עס איז אמת, אז אין דער נאטור הערשט איבעראל דער פרינציפ פון בעוועגונג, ווי מיר האבען פריהער געזאגט, דער צושטאנד פון ניט־בעוועגונג איז ניטא אין דער פיזיקאלישער וועלט, אויב עס בעוועגט זיך ניט דער גאנצער קערפער, דער גאנצער שטיק שטאף, בעוועגען זיך דאך זיינע קליינע טיילכעלעך, די זאגענאנטע מאלעקולען און די אטאמען אין די מאלעקולען. אבער ווען מיר געברויכען דאס ווארט אין מעכאניקע און מיר זאגען, אז די אדער יענע זאך בעוועגט זיך, מיינען מיר מיט דעם קיין אנדערע זאך ווי צו בעהויפטען, אז די זאך בייט פון צייט צו צייט איהר לאגע אין פערגלייך מיט אן אנדערע זאך.

אין די מייסטע פעלען איז די אנדערע זאך, מיט וועלכער מיר פערגלייכען זיי, די ערד אליין און מיט די זאכען וואס שטעהען פעסט אויף איהר ווי די בערג, די בוימער די הייזער, א. ז. וו. אמאל זיינען דאס אנדערע זאכען ארום אונז. ווען א ראד, א דריידעל, אדער ווי עס הייסט אין ענגליש א טאפ, דרעהט זיך אויף איין ארט, הייסט דאס, אז ער בעוועגט זיך אין פערגלייך מיט דעם טיש, אין פערגלייך מיט די וואנט, אדער מיט די אנדערע ארומיגע זאכען; אט איז אין איין מאמענט דאס זייטעל פון דעם טאפ, אדער דער פונקט פון דעם ראד געוועזען נאהנט צו דער וואנט, און אט האט אין א צווייטען מאמענט דיעזעלבע זייטעל, דערזעלבער פונקט געביטען זיין לאגע און האט זיך דערווייטערט פון דער וואנט.

מיר האבען אויבען געזאגט, אז מעכאניק בעטראכט די בעוועגונגען, וואס יעדער קען זעהען. דאס איז ריכטיג נאר אין בעצוג אויף די הארטע אדער פליסיגע שטאפען. ווי איז אבער דער פאל מיט די מאססען שטאפען וואס געפינען זיך אין דעם צושטאנד פון גאזען, ווי די לופט וואס רייגעלט ארום אונזער ערד, וואס איהר מאסע הריקט אויף יעדער קוואדראט פוס (דאס הייסט א פוס אין דער ברייט און א פוס אין דער לייגג) מיט א כוח פון איבער צוויי טויזענד פונט? דאס וואס מיר קענען ניט זעהען די שטאפען מאכט א קנאפען אונטערשיעד, כל זמן מיר ווייסען, כל זמן מיר בעגרייפען אז זיי בעוועגען זיך אלס א מאסע שטאף, און

בייטען זייער לאַנגע פון צייט צו צייט רופען מיר די בעוועגונג פון די מאַסען לופט אָדער אנדערע גאַזען מעכאַנישע בעוועגונגען. ווען אין ווינטער־צייט ווערען די טייכען אין די קאַלטע געגענדען בעדעקט מיט אייז, ווייסען מיר דען ניט, אַז די מאַסען וואַסער אונטער'ן אייז, בעוועגען זיך גאַנץ אגאַל, צי מיר זעהען זיי צי ניט?

אַז אַ ראַד דרעהט זיך זעהר שנעל, הערען מיר אויף צו זעהען זיין בעוועגונג, הייסט דאָס דען, אַז דער ראַד געפינט זיך אין אַ צושטאַנד פון רוהע דערפאַר, וואָס מיר קענען ניט זעהען זיין בעוועגונג? אויב איהר קענט די בעוועגונג ניט פיהלען מיט די אויגען, פרופט נאָר אַנטאַפּען דעם ראַד, וועט ער שוין גאָר גוט דערפיהלען זיין צושטאַנד פון בעוועגונג. אַזוי דערפיהלען מיר די בעוועגונגען פון גאַזען, אויב ניט מיט די אויגען, איז מיט די אויערען, מיט דער נאָז, מיט'ן גאַנצען גוף, אַ בלינדער הערט מאַנכעס מאָל די בעוועגונגען פון מאַנכע זאַכען, ווי די בעוועגונגען פון אַ צונג, פון קאַרעטען, פון מענשען, א. ז. וו. דורך די לופט בעוועגונגען וואָס זיי פעראורזאַכען, פיעל בעסער ווי מיר זעהענדיגע טהוען דאָס מיט די אויגען.

מיר ווייסען אַלע, אַז די זאַכען דאָ אויף דער ערד בייטען זעהר אָפט דעם צושטאַנד פון רוהע אויף דעם צושטאַנד פון בעוועגונג און פאַרקעהרט. ווען מיר בעטראַכטען די אומשטענדען אָדער אורזאַכען, וואָס רופען אַרויס דעם איבערגאַנג פון איין צושטאַנד צו דעם אנדערען, געפינען מיר אַז איין כאַראַקטעריסטישע אייגענשאַפט גילט פאַר אַלע זאַכען סיי אין רוהע סיי אין בעוועגונג, און דאָס איז די נייגונג, די טענדענץ פון זיי אַלע צו פערבלייבען אויף אימער אין דעם צושטאַנד אין וועלכען זי געפינט זיך; אַ מין קאָנסערוואַטיזם, אַ ווידערשטאַנד געגען בייטען דעם צושטאַנד. געפינען מיר די זאַך אין אַ צושטאַנד פון רוהע אין פערגלייך מיט אַן אנדערע זאַך, שטרעבט זי צו פערבלייבען אַזוי אימער און פערקעהרט: הויבט זי זיך אָן צו בעוועגען, האָט זי די זעלבע טענדענץ אויף אימער אַלץ ווייטער און ווייטער אוועקצוגעהען פון דעם געגענשטאַנד, אַלץ מעהר און מעהר צו פערגרעסערען די שטרעקע צווישען איהר און דעם געגענשטאַנד, מיט וועלכען זי האָט זיך פריהער פערהאַלטען אין אַ צושטאַנד פון רוהע.

מיר מוזען זיך אביסעל לענגער אפשטעלען אויף דיעזער אל־
געמיינער אייגענשאפט פון אלע זאכען אין דער וועלט אויפצוהאלטען
אויף אייביג דעם צושטאנד פון רוהע, אדער בעוועגונג אין וועל־
כער זיי געפינען זיך. דאס יעדע זאך וואס געפינט זיך אין רוהע,
מוז אימער בלייבען אין רוהע, ביז וועלכע עס איז אורזאכע וועט
איהר פון דיעזע רוהע אריוספיהרען און פערקעהרט, ווען א זאך
בעוועגט זיך מוז זי זיך אימער בעוועגען מיט דער זעלבער געשווינד־
קייט און אימער אין א גלייכער ליניע, ביז א קראפט אדער אור־
זאכע וועט ענדערען די געשווינדקייט, די ריכטונג אדער אין גאנצען
אפהאלטען איהר בעוועגונג. וואס א זאך קען פון זיך אליין, אהן
קיין שום אורזאכע ניט אנהויבען זיך צו בעוועגען, איז אזוי קלאר
פאר יעדען, אז וועגען דעם קענען מיר פערשפארען צו ריידען.
אבער אז, ווען אזא זאך איז אין בעוועגונג, קען זי פון זיך אליין
ניט קומען צו רוהע און מוז זיך אימער בעוועגען מיט דער זעלבער
שנעלקייט, דאס זעהט שוין אוים ניט אזוי קלאר, ווייל אין אמת'ן
זעהען מיר דאך גראדע פארקעהרט, אז א זאך וואס האלט זיך אין
בעוועגען, געהט אלץ לאנגזאמער און שטעלט זיך אין א קורצע צייט
אין גאנצען אפ.

איהר גיט א קייקעל א באלל איבער'ן טראטואר, קייקעלט
ער זיך וואס ווייטער אלץ לאנגזאמער, ביז אין א גאנץ קורצער
צייט שטעלט ער זיך אפ. איהר לאזט אוועק דעם פאמפעדיקעל פון
א שטייענדיגען זייגער, שאקעלט ער זיך הין און צוריק א ווײלע
ער שאקעלט זיך אלץ שוואכער און שוואכער, ביז ער שטעלט זיך
אין גאנצען אפ. איהר גיט א דרעהה א דריידעל אויף'ן טיש —
דרעהט ער זיך א ווײלע אזוי האסטיג, אז מען זעהט קוים וואס דאס
איז: באלד אבער הויבט ער זיך אן צו דרעהען שוואכער און באלד
נאך שוואכער און אזוי ווייטער ביז ער שטעלט זיך אין גאנצען
אפ און פאלט אנידער. דאס ווייזט דאך, דאכט זיך, אז א זאך
וואס געפינט זיך אין בעוועגונג האט יא די טבע פון זיך אליין צו
נעהמען זיך בעוועגען לאנגזאמער און פון זיך אליין יא אין דער רוהע
צו קומען ? דאכט זיך, וואס קען זיין ריכטיגער ווי די נאטירליכע
שלוסען, וואס יעדער ציהט פון די עטליכע אנגעצייגטע און טויזענטער
אנדערע עהנליכע ערפאהרונגען, אז עס ליגט אין דער טבע

פון יעדער זאך צו שטרעבען צו דעם צושטאנד פון רוהע, און אז אויסערליכע כוחות מוזען שטענדיג אנגעווענדעט ווערען. ווען מען וויל זיי האלטען אין דעם צושטאנד פון בעוועגונג, און אז אימער נייע פרישע שטויסען פון אויסערליכע קרעפטען זיינען נויטיג אום צו בייקומען זייער נאטירליכען ווידערשטאנד צו בעוועגונג.

גאנץ איינפאכע עקספערימענטען קענען אונז לייכט איבערציינגען אין דער פאלשקייט פון דיעזע אונזערע אויבענאויפעדיגע שלוסען. נעהמט אנשטאט א געוועהנליכען באל — א ביליארד־באל, וועלכער איז אבגעטאקט און אבגעפאלירט אויפ'ן פיינסטען ארט, און אנשטאט די טראטואר שטיינער נעהמט א גלאטען, פיין געפאלירטען טיש און לאזט דעם ביליארד - באל זיך קייקלען אי־בער דעם גלאטען טיש, איהר וועט לייכט אויסגעפינען, אז מיט דעם זעלבען שטויס, מיט דער זעלבער קראפט וועט דער ביליארד־באל זיך קייקלען איבער'ן געפאלירטען טיש א פיעל גרעסערע שטרע־קע און פיעל לענגערע צייט, ווי עס וועט זיך קייקלען פון דעם זעלבען שטויס א באל איבער'ן טראטואר. דיעזעלבע קראפט איז דאכט זיך, געברויכט געווארען אין ביידע פאלען, און דאך איז דא אזא אונטערשיעד אין דער צייט און אין דער שטרעקע פון דעם באל'ס בעוועגונג. מיר האבען נאר אביסעל געביטען די אומשטענ־דען אונטער וועלכע דער באל בעוועגט זיך, מיר האבען נאר פער־קלענערט די רייבונג, וואס קומט געוועהנליך פאר צווישען דער זאך וואס בעוועגט זיך און די זאכען, איבער וועלכע זי בעוועגט זיך, מיר האבען נאר אביסעל אבגעראמט די שטערונג, וואס לאזט ניט די זאכען בעוועגען זיך און מיר האבען מיט דערמיט אליין, ניט אנווענ־דענדיג קיינע נייע, פרישע קרעפטען, פיעל פערלענגערט די בע־וועגונג אין דעם באל.

דאס זעלבע וועלען מיר אויך געפונען אין דעם פאל פון דעם פאמפעדיקעל. וואס דינער, וואס גלאטער מער וועלען מאכען די שפילקע אויף וועלכע עס הענגט דער פאמפעדיקעל, וואס ווייניגער עס וועט זיך אונז איינגעבען צו מאכען די רייבונג צווישען זיין הענגער און די זאכען אויף וועלכע דער פאמפעדיקעל הענגט, אלץ לענגער וועט דער פאמפעדיקעל זיך בעוועגען הין און צוריק פון

פונקט דעם זעלבען שטויס. נאך בעסער שטעלט אוועק דעם פּאמ־פּעדיקעל אונטער א גרויסע גלאָז, פון וועלכער מען קען ארויספּאמ־פּען מיט א לופט־פּאמפּ די לופט, און די צייט פון זיין בעווע־גונג וועט זיך פיעל, פיעל פערלענגערען. דאָס בעווייזט, אז די לופט איז נאך א שטערונג צו דער אונאויפהערליכער בעוועגונג פון זאַ־כען. אויף אזא שטייגער, ביסלעכווייז אבראַמענדיג איין שטערונג נאך דער אַנדערער, האָט זיך אונז איינגעגעבען פיעל צו פערלענ־גערען די צייט פון בעוועגונג אהן די הילף פון וועלכע עס איז נייע קראפט־שטויסען. עס פערשטעהט זיך, אז אונז וועט זיך קיינמאל ניט איינגעבען צו בעפרייען אין גאנצען די זיך בעוועגענדע זאך פון וועלכער עס איז רייבונג מיט די אנדערע זאכען, די זאך בע־וועגט זיך דאך ניט אין דעם גרויסען וועלט־רוים, זי מוז דאך קו־מען אין בעריהרונג מיט די זאכען איבער וועלכע זי בעוועגט זיך, אָדער אויף וועלכע זי העננט, ווי דין עס זאָל ניט זיין דער פּין אויף וועלכען דער פּאמפּעדיקעל העננט, ווי פּאָלירט, ווי הארט און שארף עס זאָלען ניט זיין די שפּיצען, וואָס ריהרען אָן איינע די אנדערע, אין גאנצען קען דאך די רייבונג ניט פערניכטעט ווערען, אויך קען מען דאך די לופט אפילו דורך די בעסטע לופט־פּאמפּען אין גאנצען ניט אויספּאמפּען, דערפאר קענען מיר דאָ אויף דער ערד ניט בעווייזען צו זעהען די אייביגע בעוועגונג.

אויב מיר זעהען דאָס ניט דאָ אויף דער ערד, זעהען מיר דאָס יא אין די שטערען, די פּלאנעטען, די זונען, די קאָמעטען. זיי בעוועגען זיך אימער און אימער מיט דערזעלבער שנעלקייט אין זייערע קרייזען, און עס איז גאָר ניט אזוי שווער צו קומען צום שלוס, אז אויב מיר וואָלטען דאָ אויף דער ערד געקענט אבשאפען אלע הינדערניסען, אלע שטערונגען צו בעוועגונג, וואָלט דאָ אויך יעדע זאך זיך בעוועגט אייביג און אימער, מיט דער זעלבער שנעל־קייט, ווי זי האָט אנגעפאנגען איהר בעוועגונג.

און אין דער אמת'ן, האָבען מיר דאָ אויף דער ערד, און אין יעדער זאך, וואָס געפינט זיך אויף דער ערד, אויך אָן אייביגע בע־וועגונג פון איהרע מאלעקולען און אַטאמען. אבער דאָס געהערט שוין ניט צו דעם געביט פון מעכאניקע. אויב א דאנק די שטערונ־גען דאָ אויף דער ערד האָבען מיר ניט קיינע אייביגע מעכאנישע

בעווענונגען פון גאנצע שטיקער שטאף, האבען מיר דא אייבינע מאלעקולארע און אטאמישע בעוועגונגען. און אפשר וועט נאך מעג־ליך זיין אין די לעצטע קאפיטלען פון דעם ביכעל צו צייגען, אז איינענטליך ווערט די מעכאנישע בעוועגונג פערוואנדעלט אין מא־קולארע און אטאמישע בעוועגונגען און די אייביגקייט פון בעווע־גונג, אויב אפילו אין אן אנדערע פארמע, האלט אויס ריכטיג דא אויף דער ערד.

מיר זעהען אז דער ריכטיגער אמת איז גראדע דער היפוך פון דעם וואס האט זיך אויסגעוויזען פון אונזערע ערשטע אויבערפלעכליכע ערפאהרונגען, און ניט רוהע איז די טבע פון מאטעריע, נאר דער צושטאנד פון אויביגער בעוועגונג איז איהר טבע.

וואס אנבעלאנגט די פערשידענע פארמען און סארטען פון בעוועגונג ווערען זיי איינגעטיילט אין מעכאניקע: נאך דער גע־שווינדקייט נאך, און די פאלגענדע 3 סארטען.

(.1) די איינפארמיגע בעוועגונג רופט מען א בעוועגונג, ווען די זאך מאכט אין יעדען מאמענט פון צייט איינע און די זעלבע גלייכע שטרעקע, לאמיר זאגען ווען זי מאכט אין יעדע סעקונדע פון איהר בעוועגונג 10 פוס, אט די צעהן פוס יעדע סעקונדע הייסט אין מעכאניקע: די זאך האט א קאנסטאנטע געשווינדקייט פון צעהן.

(2). די ווארירענדע בעוועגונג, דאס איז דער היפוך פון דער ערשטער. איינפארמיגער בעוועגונג; דאס הייסט די זאך בעוועגט זיך און מאכט אין גלייכע מאמענטען פון צייט ניט גלייכע שטרעקען, זי האט ניט קיינע קאנסטאנטע געשווינדקייט.

(.3) די איינפארמיג־ווארירענדע, דאס איז ווען די גע־שווינדקייט בייט זיך טאקע אין יעדען מאמענט, נאר דאס בייטען זיך געהט אן מיט א געוויסער איינפארמיגער רעגעלמעסיגקייט, די גע־שווינדקייט וואקסט אדער פאלט אב יעדע סעקונדע די זעלבע צאהל פוס.

א ביישפיעל פון אזא מין בעוועגונג שטעלען מיט זיך פאר אלע זאכען, וואס פאלען פריי צו דער ערד. יעדע סעקונדע קריגען זיי א צו־וואוקס פון 32 פוס אין דער געשווינדקייט פון זייער בעוועגונג אדער זייער פאלען צו דער ערד, אזוי אויך די זאכען וואס ווערען דורך וועלכע עס איז קראפט געווארפען גלייך אין דער הויך ארויף

פון דער ערד. די געשווינדקייט פון זייער פליהען ארויף צו ווערט אין יעדער סעקונדרע אלץ קלענער מיט 32 פוס*).

צווייטענס, נאך דער ריכטונג נאך ווערען די בעוועגונגען אויף איינגעטיילט אין 3 סארטען: (1) די בעוועגונג פון טראגען זיך, אדער ווי זי הייסט אין מעכאניקע די בעוועגונג פון טראסלאציאן, ווען יעדער פונקט פון דער זאך האט די זעלביגע געשווינדקייט פון בעוועגונג, גאנץ עגאל צי זי בעוועגט זיך אין א גלייכער ליניע צו אין א קרומער, צי די בעוועגונג פון א וואגען, צי פון א מענשען וואס לויפט ארום און ארום אין א צירק. (2.) די בעוועגונג פון דרייען זיך, אדער ווי זי הייסט אין מעכאניק, די בעוועגונג פון „ראטאציאן", ווען די זאך בעוועגט זיך ארום אן אקס, אזוי ווי א ראד ארום אן אקס, אדער ווי א דריידעל, אין דעם פאל דרייען זיך ניט אלע טיילען פון דער זאך מיט דער זעלבער געשווינדקייט. די טיילען, וואס נעהענטער צו דעם אקס, בעוועגען זיך אלץ לאנגזאמער, די אקס אליין בעוועגט זיך גאר ניט, און וואס ווייטער די פונקטען זיינען פון דער אקס, אלץ שנעלער בעוועגען זיי זיך. (3.) א בעוועגונג וואס איז א קאמבינאציאן פון דיביידע, אזוי ווי א ראד פון א וואגען, ער דרעהט זיך ארום זיין אקס און צו דער זעלבער צייט טראגט ער זיך צוזאמען מיט דעם וואגאן.

מיר האבען געזעהן, אז די הויפט אורזאכע, וואס מאכט אונמעגליך צו זעהן דא אויף דער ערד זאכען זאלען זיך בעוועגען אויביג ליגט אין די רייבונג צווישען די זאכען איבער וועלכע זיי מוזען זיך בעוועגען. דאס אייגענע וועט זיך ארויסצייגען, ווען מיר וועלען צוטרעטען צו בעטראכטען די איינפאכסטע מאשינען. מיר וועלען אונטער קיינע אומשטענדען ניט קענען ארויסקריגען פון דער איינפאכסטער מאשינע די ארבייט, דעם אויסגערעכענטען געווינס פון קראפט און שנעלקייט וועלכע מיר האבען געדארפט ארויסקריגען פון איהר נאך דער טעאריע נאך, נאך די אויסגעפונענע געזעצען פון איהר ארבייט נאך. דערפאר גלויב איך איז נויטיג צו געבען וועגען דעם ענין פון רייבונג א מעהר אויספיהרליכע אבהאנדלונג.

*) זעה מיין מעכאניקע, זייט 40—50.

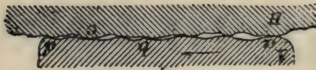
דריטער קאַפּיטעל

רייבונג.

די פערגרעסערונג אַדער פערקלענערונג פון רייבונג הייגנט אַפּ פון פיעלע אומשטענדען, עס הייגנט אַפּ פון דעם כאַראַקטער פון די פלאַכען וואָס קומען אין בעריהרונג, ווען די זאַכען בעוועגען זיך איינע איבער די אַנדערע, עס הייגנט אַפּ פון די מאַטעריאַלען פון די זאַכען, צי זיי זיינען געמאַכט פון שטאָל, אייזען, האָלץ, בראָנזע, שטיין, געוואַנט, א. ז. וו. עס הייגנט אַפּ פון דער שווערינקייט, פון דעם געוויכט, און פון דעם דרוק וואָס ווירקט אויף די פלאַכען, עס הייגנט אויך אַפּ פון דער געשווינדקייט פון דער בעוועגונג, אויך פון דעם כאַראַקטער פון דער בעוועגונג, צו די בעוועגונג איז אַ גליטשיגע אַדער אַ קייקעלדיגע. איידער מיר וועלען זיך נעהמען צו בעטראַכטען יעדען פונקט בעזונדער, לאָמיר זעהען צו פערשטעהן דעם עצם פון רייבונג, לאָמיר זעהען בעגרייפען אין וואָס אייגענטליך בעשטעהט דאָס די רייבונג צווישען זאַכען? אויב מיר וועלען דאָס פערשטעהן, וועט אונז פיעל קלאָרער ווערען, וואָרום די רייבונג בייט זיך אַזוי פיעל פון אַזוי פיעל פערשיעדענע אומשטענדען; און מיר וועלען קענען פאָראויסזעהן דיזע פערשיעדענע ענדערונגען אין דער רייבונג צווישען זאַכען.

אין אַן אונגעהובעלטע שטיק האָלץ דאַרף מען ניט קיינע פערגרעסערונג גלעזער אום צו זעהען די ניט גלאַטקייט איהרע, מען מוז מיט פאָרזיכטיגקייט פיהרען מיט די הענד איבער איהרע פלאַכע זייטען אום די שטאַרצענדע קלייניגקע שפּיציגע שטיקלעך האָלץ זאָלען זיך ניט אַבּרייסען און פערשטעכען די פינגער. און אפילו די עכסט פּאָלירטע שטיק האָלץ, וועלכע פיהלט זיך אַזוי גלאַט, ווען איהר זאָלט דאָס בעטראַכטען מיט אַ וועלכע עס איז פערגרעסערונגס גלאָז, וועט אויסזעהן פול מיט גריבלעך און בערגלעך: דאָס זעלבע איז ריכטיג וועגען אַלע האַרטע זאַכען, אויסער פליסיגקייטען און גאַזען.

פיגור 1.



אילוסטרירט די רייבונגען צווישען פלאכען.

די פיגור צייגט ווי עס זעהען אויס די פלאכען פון צוויי שטיק־לעך האלץ ווען זיי ליגען איינע אויף די אנדערע. איהר זעהט ווי אין איינינגע פונקטען שליסען זיך איין די צוויי שטיקלעך האלץ, דאס הייסט די בערגלעך פון איינער דרינגען אריין אין די גריבלעך פון דער אנדערער, אין אנדערע פלעצער קומט א גריבעלע געגען א גרי־בעלע און עס זעהט אויס ווי צוויי האלבע קאפעס איבערגעקעהרט איינע איבער די אנדערע, אין אנדערע פלעצער קומט אויס א בער־געלע איבער א בערגעלע און דערלאזען ניט די ארומיגע פונקטען פון די צוויי שטיקלעך האלץ צו קומען אין בעריהרונג איינע מיט די אנ־דערע, פערגעסט ניט אז די בערגלעך און די גריבעלעך זיינען פון פערשיעדענער גרויס, און אין די צוויי שטיקלעך האלץ האט דאך קיינער אויף זיך ניט גענומען די אויפגאבע צו מאכען אז די גריבע־לעך און די בערגעלעך פון איינער זאלען זיך איינפאסען מיט די שפיצען און טהאלען פון דער אנדערער. ווען מען זאל נעהמען שלע־פען דעם אויבערשטען שטיק האלץ איבער דעם אונטערשטען, וועט צו יעדען מאמענט פארקומען א נייע איינשליסונג פון די צוויי פלא־כען וואס ליגען איינע איבער די אנדערע, און מען מוז צו יעדען מא־מענט אנווענדען פרישע כחות ארויסצושלעפען זיי פון דיזער איינ־שליסונג. אויסער דעם וואס א טייל פון דער קראפט וועט פערברויכט ווערען אויף אבצורייסען די טויזענדע שפיצען און בערגלעך און צו פערשיטען די גריבלעך און אזוי ארום צו בעשאפען א גלאטערען וועג פאר דער בעוועגונג פון דעם אויבערשטען שטיק האלץ איבער דעם אונטערשטען. די רייבונג גראדע צייגט אונז ווי ריכטיג עס איז אונזער ערקלעהרונג אז א זאך וואס בעוועגט זיך דארף זיך אימער אזוי בעוועגען מיט דערזעלבער שנעלקייט און אין א גלייכער ליניע. אויב אויף דער ערד און אויף די זאכען וואס זיינען אויף דער ערד, זעהען מיר ניט קיינע

אייבינע בעוועגונג איז דאס דערפאר, ווייל דא אויף דער ערד און אויף איהרע שטאפען איז ניטא אזא זאך ווי א גלייכע ליניע און אפילו אויף די פלאכען פון דער העכסט געקינסטעלטער פאלירונג געפינען זיך ניט קיינע גלייכע ליניען, און דערפאר איז דאס אונ־מעגליך דא צו האבען אן אייבינע בעוועגונג אין א גליי־כער ליניע. און אין דעם פאל פון פליסיגקייט און לופט וואו עס איז יע מעגליך צו ריידען וועגען א בעוועגונג אין א גלייכער ליניע, איז דא אנדער מניעה, די זאך, וואס בעוועגט זיך אין לופט אדער אין וואסער איז ארומגערינגעלט פון זיי און אום צו בעוועגען זיך מוז די זאך פענאנדער טהיילען, שניידען די לופט אדער די וואסער, אויסער דעם מוז זי צו דערזעלבער צייט זעצען אין בעוועגונג די גאזען און די פליסיגקייטען אין וועלכע זי, די זאך געפינט זיך אין בעוועגונג. לאמיר יעצט אריבערגעהען צו בעטראכטען בעזונדער יעדען פונקט וואס ווירקט אויף די פערקלעהנערונג אדער פערגרע־סערונג פון רייבונג. וועגען דעם פונקט, אז די רייבונג הייננט פיעל אפ פון די גלאטקייט און ניט גלאטקייט פון די פלאכען וואס בע־וועגען זיך איינע איבער די אנדערע, איז שוין פיעל גערעדט געווא־רען, און דאס איז די אורזאכע ווארום מען פאלירט אזוי פיין ווי מעגליך אלע טיילען פון מאשינען, וואס אין בעוועגונג מוזען זיך רייבען איינע געגען די אנדערע, און ביין ארבייטען ווערען די טיילען נאך מעהר פאלירט און די רייבונג ווערט פערקלענערט. דאס ער־קלעהרט די אלגעמיינע ערפאהרונג אז א שפאגעל נייע מאשין אר־בייט פיעל מאל ערגער ווי איין איינגעארבייטע מאשין. דער צווייטער פונקט, אז וואס גרעסער דער דרוק צווישען די אויבערפלא־כען וואס בעוועגען זיך איינע איבער די אנדערע, אלץ גרעסער איז די רייבונג צווישען זיי. איז אויך לייכט צו פערשטעהן. וואס שווערער דער דרוק צווישען זיי, אלץ פעסטער וועלען זיך איינשלי־סען די פלאכען, אלץ טיעפער וועלען זיך איינפרעסען די בערגעלעך און גריבעלעך איינע אין די אנדערע. א דינער לייכטער שטיקעל פאפיר ליגענדיג אויף א שטיק האלץ אדער אופן טיש וועט קומען אין ווירקליכער בעריהרונג מיט'ן קלאץ אין א פיעל קלענערער צאהל פונקטען, ווי א שווערער שטיק אייזען אדער האלץ, דער שטיקעל פאפיר אויפ'ן טיש בלייבט ליגען, אזוי צו זאגען, אויבען אויף, און

דער שווערער שטיק אייזען אָדער האָלץ וועט זיך דורך זיין שווערען דרוק איינעסען אין טיש. ווען איהר נעהמט א צוואַנג ארויסצו־ציהען א נאָגעל, זעהט איהר צו פערכאַפּען דעם נאָגעל אין דעם צוואַנג מיט דער גרעסטער קראַפט וואָס איהר קענט אָנווענדען מיט דעם דרוק פון אייער האַנד, וואָס שטאַרקער איהר דריקט צו דעם צוואַנג מיט דעם נאָגעל צוזאַמען, אַלץ גרעסער ווערט די רייבונג צווישען זיי, ווארום וואָס האַלט דעם נאָגעל אין׳ם האָלץ ? — די רייבונג צווישען זיי. אויב דורך דעם דרוק פון אייער האַנד קענט איהר דערגרייכען אז די רייבונג צווישען דעם נאָגעל און צוואַנג זאָל ווערען פיעל גרעסער ווי די רייבונג צווישען דעם נאָגעל און די האָלץ, וועט דער נאָגעל ניט קענען בעוועגען זיך, אָדער אויס־גליטשען זיך פון דעם צוואַנג און וועט מוזען, בייקומענדיג די שוואַ־כערע רייבונג צווישען איהם און דעם האָלץ, בעוועגען זיך ארויס פון דעם האָלץ. קלעטערענדיג איבער א שטריק, זעהט איהר אָנצו־כאַפּען דעם שטריק מיט אייער גאַנצען כוח, אום דורך דעם גרעסע־רען דרוק אויפ׳ן שטריק צו פערגרעסערען די רייבונג צווישען די הענד און דעם שטריק, די רייבונג ווערט דורך דעם דרוק אזוי גרויס אז זי קען אויפהאַלטען דעם געוויכט פון אייער גאַנצען קערפּער און לאָזט איהם ניט אָפּ; אויב איהר קענט ניט בעווייזען צו דער־גרייכען אזא שטאַרקען דרוק דורך אייערע הענט, וועט דער געוויכט פון אייער קערפּער בייקומען די שוואַכע רייבונג צווישען די הענט און דעם שטריק און איהר וועט זיך ארונטערגליטשען אָנשטאַט ארויפצוקלעטערען. צושרויפענדיג די נייה־מאַשין צום טיש, זוכט מען דורך דעם שטאַרקערען דרוק פון דער איינגעשרויפטער מאַ־שינע צו פערגרעסערען די רייבונג צווישען דער מאַשין און דעם טיש. די פערגרעסערטע רייבונג האַלט די מאַשין פעסט אויף איהר פּלאַץ און דערלאָזט ניט קיינע בעוועגונגען צווישען דער מאַשין און דעם טיש. דער געוויכט אליין פון דער מאַשין האָט אין זיך ניט גענוג דרוק דאָס צו דערווייזען.

וואָס אַנבעלאַנגט דעם דריטען פּונקט אז די רייבונג איז ניט די זעלבע ווען די זאַכען רוהען איינע אויף די אַנדערע, אָדער ווען זיי בעוועגען זיך, קען מען איהם אויך פאַראויסזעהען, פון דעם ריכ־

טיגען בילד וואס מיר האבען פריהער געקראגען ווענגען דעם עניז. עס איז זעלבסט פערשטענדליך, אז ווען די זאך בעווענט זיך, וועט איהר פלאכע זייט וואס קומט אין בעריהרונג מיט די פלעצער איבער וועלכע זי בעוועגט זיך, ניט קענען אזוי פעסט און טיעף איינשליסען זיך איינע מיט די אנדערע, ווי אין דעם פאל ווען זיי בלייבען ליגען רוהיג איינע אויף די אנדערע. ווען איהר לויפט איבער א פלאץ וואס איז פול מיט גריבעלעך האט איהר מעהר שאנסען אויסצומיידען זיי, ווי ווען איהר שלעפט זיך לאנגזאם, שנעלל געהענדיג וועלען אייערע פיס ניט אזוי טיעף זינקען אין בלאטע ווי ווען איהר שטעהט אויף איין ארט. א שטיינדעל קען א לאנגע צייט בלייבען רוהיג ליגען הויך אויף א משופעדיגען בארג און איינמאהל ווען איהר גיט איהם א ריהר, ער זאל זיך אנפאנגען צו בעוועגען זיך, וועט ער זיך אראפקייקלען בארג אראפ א לאנגע שטרעקע, ביז צו פוס פון בארג צו. ווען דער שטיינדעל איז געלעגען רוהיג אויף דעם משופע'דיגען בארג איז די רייבונג צווישען איהם און דעם בארג געווען גרויס גענוג אום אויפצוהאלטען איהם אויפ'ן פלאץ און ניט לאזען איהם אראפקייקלען זיך, ווען ער האט זיך אבער אנגעהויבען צו בעוועגען, ווערט שוין די רייבונג צווישען איהם און דעמזעלבען בארג שוואכער און זי קען איהם ניט אפהאלטען פון בעוועגען זיך. דער ווייטערדיגער צו־וואוקס פון שנעלקייט מאכט שוין א קליינעם אונטערשייד, סיידען דער צו־וואוקס איז אונגעהויער גרויס. אין דעם הינזיכט איז דא א גרויסער אונטערשייד צווישען הארטע זאכען און פליסיגע אדער גאזען. עס איז פריהער אנגעצייגט געווארען דער אונטערשייד אין דעם כאראקטער פון רייבונג וואס קומט פאר אין הארטע זאכען, ווען זיי בעוועגען זיך איבער די פלאכען פון אנדערע הארטע זאכען, און ווען זיי בעוועגען זיך למשל אין וואסער אדער אין לופט. אין הארטע זאכען איז די רייבונג גרעסער, ווען זיי ליגען רוהיג איינע אויף די אנדערע, ווען איינע פון זיי הויבט זיך אן צו בעוועגען איבער דער אנדערער ווערט די רייבונג קלענער, די שנעלקייט אבער פון דער בעוועגונג האט א קנאפען איינפלוס אויף צו פערקלענערען די רייבונג. ווען אבער א קויל למשל טראגט זיך דורך די לופט אדער א שיף

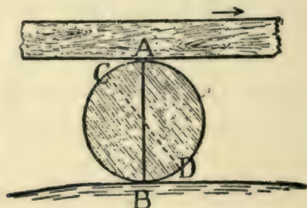
טראגט זיך איבער'ן וואסער, ווערט די שטערונג וואס די לופט אדער דאס וואסער מאכט געגען זייער בעוועגונג אלץ גרעסער, וואס שנעלער די קויל אדער די שיף בעוועגען זיך. די שטערונג וואקסט כפל־כפלים מעהר ווי עס וואקסט די שנעלקייט פון דער בעוועגונג, דאס הייסט אויב די שנעלקייט פון דער קויל אדער דעם שיף זאל זיך פערגרעסערען אויף 5 מאהל, וועט די שטערונג פון דער לופט און פונ'ם וואסער פערגרעסערען זיך ניט אויף 5 מאהל, נאר אויף פינף מאהל פינף אדער 25 מאהל, און אין גאר גרויסע שנעלקייטען ווערט די שטערונג נאך גרעסער ווי כפל־כפלים. דאס ערקלעהרט טיילווייז די שווערקייט פון קענען האבען גאר שנעלע צוגען. ביי דאמפפ־שי־פען פון גרויסער שנעלקייט רעכענט מען אז די שטערונג פון וואסער וואקסט ניט נאר כפל־כפלים, נאר כפל־כפל־כפלים, דאס הייסט ווען די שנעלקייט זאל זיך פערגרעסערען 2 מאהל וועט די שטערונג פונ'ם וואסער זיין צווייםאל צווייםאל צוויי $2 \times 2 \times 2$ אדער 8 מאהל. אויב די שנעלקייט פערגרעסערט זיך אויף 3 מאהל, וועט די שטע־רונג פערגרעסערען זיך $3 \times 3 \times 3$ אדער 27 מאהל, דא וואקסט שוין די שטערונג אונגעהויער. צום ביישפיעל די שיף צעדריק פון דער קאמפאני וווהייט - סטאר ליין מיט א שנעלקייט פון 17 מייל א שטונדע, האט געהאט איהרע אינדזשינס פון 14000 פערד־קראפט און זי האט געקענט שלעפען א משא פון 38000 טאן, און דער שיף „קייזער ווילהעלם דער צווייטער" פון דער קאמ־פאני נארד —דייטשע—לאייד—ליין האבען א שנעלקייט ניט מעהר פון 24 מייל א שטונדע ניט מעהר ווי 7 מייל שנעלער ווי די ערשטע, האט געמוזט האבען אינדזשינס פון 40000 פערד־קראפט און האט געקענט האבען אנגעלאדעוועט אם העכסטען א געוויכט פון 26000 טאן.

קומענדיג צו דער פראגע, ווי ווייט די פארמע און די גרויס פון די פלאכען האבען אן איינפלוס אויף די רייבונג, קען זיך פון אוי־בען אויף אויסווייזען, אז וואס קלענער די פלאכע, דארף די רייבונג אויך זיין קלענער. דאס אבער איז ניט ריכטיג, פערגעסט ניט אז וואס גרעסער דער דרוק איז די רייבונג, ווי מיר האבען פריהער בע־וויזען, אויך גרעסער. א שטיק אייזען פון הונדערט פונט דריקט אויף דער פלאכע, אויף וועלכער ער רוהט, מיט א קראפט פון הונדערט

פונקט. אויב די פלאכע ארום און ארום איז צעהן פוס גרויס, וועט זיך דער דרוק פון די הונדערט פונט צושפרייטען איבער די צעהן פוס, זאל מען די פלאכע ארום און ארום פערקלענערען אויף איין פוס, זאלאנג דער וואג פון דעם שטיק אייזען וועט בלייבען דיזעלבע הונדערט פונט, וועט דער שטך פון איין פוס האבען אויף זיך דעם גאנצען דרוק פון די הונדערט פוס, און מיר וועלען גאר נישט געווינען דער־ביי. דאס וואס מען זוכט צו מאכען די אקסען פון די רעדלאך און די פיינסטע מעכאניזמען פון זייגערלאך וואס שפיציגער, האט ניט צו טהאן מיט דער רייבונג. דאס האט צו טהאן מיט די געזעצען פון ליוועריס. ווי מיר וועלען דאס בעטראכטען אין די ווייטערע קאפיט־לען איבער די איינפאכע מאשינען.

אויב די פארמע און די גרויס פון די פלאכען האט א קנאפען איינפלוס אויף די רייבונג, האט שוין די פארמע פון דער בעוועגונג— צי די בעוועגונג איז א גליטשעדיגע אדער א קייקעלדיגע—יע א וויר־קונג אויף די רייבונג. ווען איהר לעגט אונטער צווישען צוויי פלא־כע שווערע זאכען קיילאכדיגע שטיקער פון הארטען האלץ אדער מעטאלענע צילינדערען, ווי למשל שטיקער רונדע פייפס, וועט איהר געפינען, ווען איהר נעהמט בעוועגען איין פלאכע איבער דער אנ־דערער, אז די רייבונג צווישען די פלאכען איז געווארען פיעל פער־קלענערט, כמעט ווי אין גאנצען פערניכטעט. דאס קומט דערפון וואס די צילינדערען קייקלען זיך און דער דרוק פון דער שווערער מאססע פון אויבען בייט איבער די ריכטונג יעדעס מאל ווען דער צילינדער רוקט אונטער א נייעם פרישען פונקט אונטער די פלאכע וואס בעוועגט זיך איבער איהם און מאכט דעם צילינדער אליין אויף צו קייקלען זיך (פיג. 2) אט האט די באלקע בעריהרענדיג דעם פונקט A

פיגור 2.



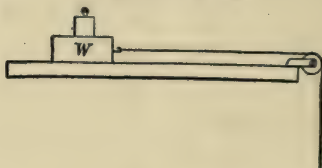
די רייבונג ווען די פלאכען בעוועגען זיך איבער קייליכדיגע זכאען.

גערריקט אין דער ריכטונג פון דער ליניע A B און אין דעם צווייטען מאָמענט שטעלט אונטער דער צילינדער דעם פונקט C אונטער דער באַלקע און דער דרוק נעהמט א נייע ריכטונג C D קומענדיג אין יעדען מאָמענט אין בעריהרונג מיט פרישע פונקטען. האָבען די זאכען ניט די מעגליכקייט איינצוועסען זיך איינע אין די אנדערע און דאַרום קאָן צווישען זיי קיין רייבונג ניט פאָרקומען. זעהט נאָר דעם אונטערשייד ווען איהר זאָלט לאָזען א שטריק ציהען זיך דורך אייער האַנד, אָדער ווען איהר בעוועגט אייער האַנד צוזאַמען מיט דער שטריק. אין דעם ערשטען פאַל וועט איהר שנעל דערפיהלען און דערזעהען די ווירקונג פון דער רייבונג פון דער שטריק אויף אייער האַנד, וועהרענד אין דעם צווייטען פאַל, ווען מיר גיבען איבער די שטריק צו יעדען מאָמענט פון איין האַנד צו דער אנדערער, בעוועגענדיג די האַנד אין האַרמאָניע מיט די שטריק בעוועגונגען, קענט איהר אַנגעהן א לאַנגע צייט מיט דער ארבייט און איהר וועט קיינע שלעכטע רעזולטאַטען פון דער רייבונג צווישען שטריק און האַנד גאָר ניט פיהלען. וואָלטען די צילינדערען אפילו פון די האַרטעסטע זאכען קענען זיין פאָלקאָמענע צילינדערען, וואָלטען דורך זיי אין גאַנצען פערשוואונדען די רייבונגען צווישען די פאַלכען. אָבער דער צילינדער אליין דורך דעם דרוק פון דער אויבערשטער שווערער זאַך וועט מוזען אין א צייט דאָ און דאָרט אָנוועגען זיין פאָלקאָמענע קייליאַכדיגע פאָרמע, אויסער דעם מאַכט דער צילינדער מיט דעם שווערען דרוק פון אויבען גריבעלאַך אין דער אונטערשטער פלאַכע, און אום אַרויסצוקומען פון די גריבעלאַך וועט דער צילינדער מוזען אין זיין בעוועגונג קלעטערן דאָ אַרויף און אַראָב בארג, דאָס בעווייזט, אַז אין גאַנצען קען מען די רייבונג ניט פאַרניכטען.

אום אויסצוגעפינען די גרויס פון רייבונג צווישען פערשיידענע מאַטעריאַלען ווערען אַם מייסטען געברויכט 2 מעטאָדען. אויף א

גלאטען ברעט, אדער טיש. פיג. 3. ווערען אוועקגעלעגט פערשיידענע

פיגור 3.

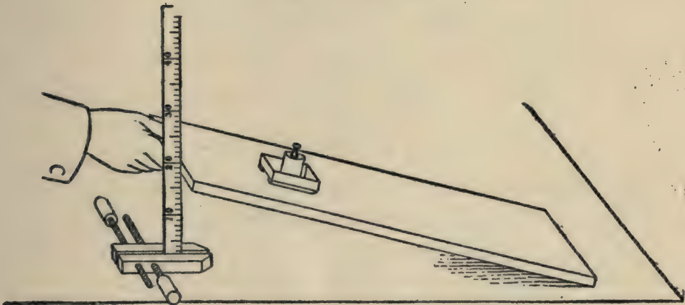


דער קאאפיציענט פון רייבונג.

שטיקער שטאפען פון א געוויסען וואג. צו דעם אויבערשטען שטיק ווערען דורך א דינע שטריקעל צוגעבונדען געוויכטער פון פערשידענע גרויס, די שטריקעל מיט דעם געוויכט ווערט אריבערגעצויגען אי־בער א פולי, אדער א רעדעל, און דאס הענגט פאזע דעם גלאטען ברעט, מען הייגגט אן געוויכטען פון פערשיידענער גרויס, אנהויבענדיג פון די קלענסטע ביז דער געוויכט הויבט אן צו בעוועגען דעם אויבערשטען שטיק איבער'ן גלאטען טיש. טיילענדיג דעם געוויכט וואס איז נויטיג געווען אום צו בייקומען די רייבונג צווישען זיי און אנצוהויבען צו בעוועגען דעם אויבערשטען שטיק אויף דעם געוויכט פון דעם שטיק זעלבסט, קריגט מען א צאהל וואס דריקט אויס די פערהעלטניס צווישען די רייבונג פון די ענטשפרעכענדע שטאפען און דעם וואג אדער דרוק פון דער זאך וואס בעוועגט זיך אויפ'ן גלאטען טיש. די צאהל הייסט אין מאכאניקע דער קאעפי־ציענט פון רייבונג צווישען די שטאפען. דער קאעפיציענט פון שטאל וואס בעוועגט זיך איבער א שטאלענעם טיש, איז נאהענט פון א זיבעטל, דאס הייסט, א געוויכט פון א פונט וועט בעוועגען א שטיק שטאל פון 7 פונט אויף א גלאטען שטאלענעם טיש. דער קאעפיציענט פון רייבונג פון שטאל און אייז איז איין זיבעציג־טייל, צעהן מאל ווייניגער ווי צווישען שטאל און שטאל, צין און צין איין דריטעל. געוואנט און געוואנט נאהענט פון א העלפט, א. אז. וו. די צווייטע מעטאדע איז דערזעלבער גלאטער טיש מיט א אויבערשטען שטיק האלץ, נאר אנשטאט צו אנהייגגען געוויכטען אויפ'ן אויבערשטען שטיק שטאף, הויבט מען אויף דעם אונטערש־

טען ברעט, ביז דער אויבערשטער שטיק הויבט זיך אָן ארונטערגלי־משען איבער'ן ברעט, טיילענדיג די הויך וואָס מען האָט געדראָפּט אויפהויבען דעם ברעט אויף די לייננ פון דעם ברעט, געפינט מען דעמזעלבען קאָעפיציענט פון רייבונג. (פיג. 4).

פ י ג ו ר 4.



קאָפיציענט פון רייבונג.

אין די אַלע פריהערדיגע פּאַלען האָבען מיר בעטראַכט רייבונג ווי אַ שטערונג צו בעוועגונג, און האָבענדיג אין זינען שנעלע בעוועגונג און ארבייט פון מאַשינען קען מען זיין געניינט צו קוקען אויף די רייבונג ווי אויף אַ צרה, וועלכע מוז בעזייטיגט ווערען און געגען וועלכע דער מענש האָט זיך געקליגט צו אַנווענדען פערשיידענע מיטלען אום איהר צו בעקעמפפען אום איהר צו פערקלענערען. פון דיזער איינזייטיגער בע־טראַכטונג קען זיך ווען אויסדוכטען, אַז עס וואָלט בעסער געווען פאר דער וועלט, ווען אַזאַ זאַך ווי רייבונג וואָלט אין איהר גאָר ניט בעשאַפען געוואָרען.

עס וועט גענוג זיין אַנצוצייגען אויף עטליכע נוצען פון דער רייבונג, אום צו איבערצייגען יעדען איינעם, וואָס פאר אַן אומגליק עס וואָלט געווען פאר דער וועלט ווען די רייבונג זאָל פערשווינדען. עס וואָלט געווען אונמעגליך וואָס עס איז איינצוהאַלטען אין האַנד. אַלעס: טעלער, גלעזער, מינצען וואָלטען זיך גלייך אויסגעגליטשט פון די הענד. יעדע זאַך וואָלט געמוזט בעזאָרגט ווערען מיט הענטלעך

אום זיי איינצוהאלטען. די זאכען וואס שטעהען אויף א טיש וואל־
טען זיך ארונטערגעטראגען פון דעם מינדעסטען ריהר, פון'ם מינ־
דעסטען בלאז אפילו פון א ווינטעלע. קיין נאגעל וואלט זיך ניט גע־
קענט האלטען, עס וואלט אפילו גאנץ לייכט געוועזן איהם ארויסצוזע־
צען, ער וואלט אבער גלייך ארויספליהען, איידער איהר וואלט אויפ־
געהויבען דעם האמער פאר א צווייטען קלאפ. ווער רעדט וועגען
פאהרען אויף באהנען, בייסיקלעך, א. ז. וו., דאס וואלט געווען אן
אונמעגליכע זאך. געהען אין אונזערע געוועהנליכע שיך וואלט גע־
ווען א שרעקליכע ערפאהרונג ניט נאר בארג ארוב, נאר אפילו אויף
א גלייכען וועג וואלטען מיר זיך אוועקגעגליטשט אהן א סוף, ביז מיר
וואלטען געקענט אנכאפען זיך אן א וואנט, אן א סטאלב, אן א בוים.
די רייבונג העלפט אונז אין טויזענטער פאלען סיי צו אבשטעלען
א בעוועגונג, סיי אנצופאנגען די בעוועגונג. ווען די רעלסען זיי־
נען נאס און גליטשיג בעשיט מען זיי מיט זאמד צו פערגרעסערען
די רייבונג און מאכען מעגליך פאר דעם לאקאמאטיוו צו ריהרען
זיך פון ארט. וואס פאר א נוצען וואלט אונז געבראכט דאס וואס
אהן רייבונג וואלטען טעארעטיש די מאשינען געארבייט בעסער, ווען
די טיילען פון די מאשינען וואלטען זיך צופאלען, ווייל קיינע שרוי־
פען אדער נענעל וואלטען זיך ניט געקענט האלטען אין זייערע פלע־
צער.

פיערטער קאפיטעל

איינפאכע מאשינען. — די פולי.

די קאלא וואראטקע, אדער די פולי ווי זי רופט זיך אין ענג־ליש, איז איינע פון די וויניגע איינפאכע מאשינען וועלכע זיינען אנגעווענדעט געווארען פון די גראה־אלטע צייטען אן.

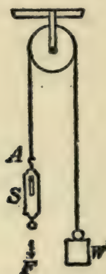
א פולי אין דער איינפאכסטער פארמע איז א רעדעל וואס דרעהט זיך אויף אן אקס. דער אויבערשטער טייל איז אביסעל אויס־געשניצט, כדי ער זאל קענען אויפהאלטען א שטריקעל און ניט לאזען זיך איהר ארויסגליטשען. דער אקס איז איינגעפיקסט אין א ראמקע וועלכער הייסט דער בלאק. געוועהנליך נעהמט די ראמקע ארום דעם רעדעל ארום און ארום און דער רעדל קומט אויס אין גאנצען אינוועניג אין דער ראמקע, אמאל ווערט געברויכט א קלענערע ראמ־קע, אדער בלאק און א האלבער רעדעל סטארטשעט ארויס פון דער ראמקע, אין וועלכער דער אקס נור איז איינגעפיקסט.

אויב דער רעדעל מיט זיין אויבערשטער אויסגעשניצטער קא־נאווקע וואלט זיך ניט געקענט פריי דרעהען ארום זיין אקס, וואלט די שטריקעל געמוזט זיך גליטשען איבער דער קאנאווקע וואלט די רייבונג צווישען איהר און דעם רעדעל געווען זעהר גרויס. מיט דערמיט וואס דער רעדעל דרעהט זיך פריי אויף זיין אקס, האבען מיר זיך בעפרייט פון דער רייבונג פון דער שטריקעל און אנשטאט דעם האבען מיר די רייבונג צווישען דעם רעדעל און דער אקס, וועל־כע איז פיעל קלענער. ערשטענס, מאכט יעדער פונקט פון רעדעל ארום דעם אקס א פיעל קלענערע שטרעקע ביי׳ן דרייען זיך ווי דער פונקט ביי׳ן אויבערשטען ראנד פון דער רעדעל; צווייטענס, קען מען די מאטעריאלען פון דער אקס, און דעם טייל פון רעדעל וואס קומט שטענדיג אין בעריהרונג מיט׳ן אקס מאכען אזעלכע וואס האבען אן אונבעדייטענדע רייבונג צווישען זיך. אויסער דעם קען מען די טיילען האלטען נאך אין א קלענערען צושטאנד פון רייבונג דורך דעם וואס מען בעדעקט זיי מיט פערשיידענע מינים פעטס. צו בעטראכטען גענויער דעם

מעכאנישען ווערטה פון דער איינפאכער מאשין, דארף מען בעטראכ־
טען צווייערליי פאלען, דער ערשטער פאל איז, ווען דער בלאק פון
דער פולי קען זיך ניט בעוועגען, אדער ווי מען רופט דאס איין
איינגעפיקסטע פולי, און דער אנדער סארט פולי איז אזעלכער, ווען
דער בלאק אדער די ראמקע קען זיך בעוועגען, דער מין פולי הייסט
א בעוועגליכע פולי. דער מעכאנישער ווערטה פון די צוויי סארטען
פולים איז זעהר פערשיידען.

די איינצעלנע איינגעפיקסטע פולי (פיג. 5).

פיגור 5.



איינצעלנע איינגעפיקסטע פול.

פון אויבען זעהט איהר א שטיק פון א באלקע צו וועלכע די
קליינע ראמקע פון דער פולי איז פעסט איינגעפיקסט געווארען, גע־
וועהנליך מיט אייזערנע הוקס, אדער וועלכע עס איז אנדערע מיט־
לען. די ראמקע איז אומישנע פארגעשטעלט געווארען א דינינקע,
ניט ווי זי איז אין דער ווירקליכער פראקטיקע, אום מיר זאלען קע־
נען בעקוועמער בעטראכטען דעם רעדעל. אויף די צוויי עקען פון דער
שטריקעל וואס הייגען פון דעם רעדעל זעהט איהר אויף דער רעכ־
טער האנד צוגעטשעפעט א געוויכט W לאמיר אננעהמען א גע־
וויכט פון 10 פונט אייזען. אויף דער לינקער זייט הייגט א ספראנ־
זשינע וואג, וועלכע איהר קענט ציהען מיט'ן האנד. דער שטיק איי־
זען פון 10 פונט ווערט ארונטער צוגעצויגען צו דער ערד מיט א
קראפט פון 10 פונט, אום בייצוקומען את די קראפט פון 10 פונט
וואס שלעפט דעם שטיק אייזען ארונטער, ווענדען מיר אן אויף דער

אנדער זייט א גענעץ קראפט, א קראפט פון די אנגעשטרענגטע מוסק־לען פון דער האנד. איהר ציהט מיט אייער האנד די ספּראנדשינע וואג S ביז דער שטיק אייזען W הויבט זיך אן לאנגזאם הוי־בען ארויף צו אנשטאט ארונטערצופאלען. דאס הייסט, די גענעץ־קראפט פון אייערע אנגעשטרענגטע מוסקלען האט בייגעקומען די צוציהונג קראפט פון 10 פונט צווישען דעם שטיק אייזען און דער ערד. לעזט איבער אויף דער ספּראנזשינע וואג וואס פערצייכענט די קראפט וואס ציהט איהר פאנאנדער און עס ציינט אן 10 פונט. דאס הייסט, אייער אנשטרענגונג קראפט וואס האט בייגעקומען די 10 פונט צוציהונג־קראפט איז אויך 10 פונט. וואלט די רייבונג צווי־שען דער שטריקעל און דער פולי און צווישען דער פולי און דעם אקס געוועזן א בעדייטענדע, וואלט די אנשטרענגונג קראפט פון האנד געמוזט זיין מעהרער פון 10 פונט, ווייל מען וואלט געדארפט ביי־קומען אויסער די 10 פונט געוויכט אויך די דאזיגע רייבונג. אזוי ווי די אנשטרענגונג־קראפט איז ניט פיעל מעהר פון די 10 פונט געוויכט, וואס ווערט אויפגעהויבען ארויפצו דורך די האנד־קראפט, ציינט דאס אז די רייבונג אין דער איינריכטונג פון דער פולי איז א גאנץ קליינע כמעט ווי גאר ניט. דער עקספּערימענט בעווייזט אויך אז אין דעם סארט פון אן איינגעפיקסטער פולי איז די ארבייטענדע קראפט F וואס פראדוצירט די בעוועגונג פון פינקטליך דער זעל־בער גרויס ווי די קראפט W וואס ציינט ארויס א ווידערשטאנד צו דער בעוועגונג ארויף־צו.

אויסער דעם, ווען איהר בעטראכט די ליינג פון די שטרעקען וועלכע דיביידע קראפטען F און W מאכען דורך אין זייער בעוועגונג, וועט איהר גלייך איינזעהען אז דער פונקט A וואו עס ארבייט די אנשטרענגונג קראפט פון דער האנד וועט זיך אין זיין בעוועגונג ארונטערלאזען גראדע אויף אזוי פיעל, אויף ווי פיעל דער געוויכט W וועט זיך אויפהויבען. מיט אנדערע ווערטער אויב קראפט F ליגקס האט זיך בעוועגט 2 פוס ארונטער צו און האט פערגרעסערט די שטריקעל אויף 2 פוס, האט דער געוויכט W אויפגעהויבען זיך אויף 2 פוס און די שטריקעל אויף דער זייט האט זיך פערקלענערט גראדע אויף 2 פוס.

אין מעכאניקע ווערט די ארבייט פון יעדער קראפט געמאסטען דורך דעם וואס מען כפלט די גרויס פון דער קראפט אויף דער שטרע־קע וואס די זאך, אויף וועלכע די קראפט ארבייט האט דורכגע־מאכט. למשל, ווען א שטיין פון 100 פונט איז אראבגעפאלען 6 פוס, דריקט מען דאס אויס אז די צוציהונגקראפט האט טרייבענדיג די 100 פונט דורך א שטרעקע פון 6 פוס אבגעטהאן אן ארבייט פון הונדערט מאל זעקס אדער 600, דאס הייסט די ארבייט וואס די קראפט האט דא אבגעטאן איז 600 מאל אזוי פיעל ווי ווען איין פונט זאל האבען ארונטערגעפאלען אויף א שטרעקע פון איין פוס.

אזוי ווי אין דעם פאל פון דער איינגעפיקסטער פולי, זיינען די 2 גענענגעזעצטע קראפטען גלייך און אין זייער בעוועגונג מאכען

זיי דורך דיזעלבע שטרעקען, דריקט מען אויס אין מעכאניקע דעם געזעץ פון דער אונבעוועגליכער פולי אויף אזא אופן. די ארבייט וואס די טהעטיגע קראפט **F** טהוט אב איז פונקט אזוי גרויס ווי די ארבייט פון דער צוציהונגס קראפט **W** אדער די ארבייט וואס ווערט אריינגעלעגט אין דער מאשין לינקס ביים פונקט **A** איז גלייך צו דער ארבייט וואס די מאשין טהוט אב רעכטס ביי **W**.

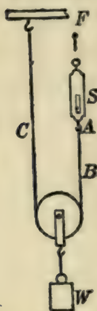
היינט שטעלט זיך דאך די פראגע, וואס געווינען מיר דא מיט אזא מאשין? פארקעהרט, עס זעהט אויס אז מיר פערלירען נאך דורך אזא מאשין. ווי ניט קליין, אבער דאך א שטיקעל רייבונג איז דאך דא צווישען דעם רעדעל און דעם אקס, און צווישען דעם רעדעל און דער שטריקעל. וואלט דען ניט פיעל גלייכער געווען צו לעגען די אנשטרענגונג קראפט פון דער האנד דירעקט אויפ'ן געוויכט און אויפהויבען די 10 פונט די זעלביגע 2 פוס אהן קיינע מאשינען? דער געווינס בעשטעהט אין דעם, וואס דורך דער איינגעפיקסטער פולי קענט איהר בייטען די ריכטונג פון דער אנשטרענגונג קראפט אויף אלערליי אופנים.

אהן דער מאשין וואלט איהר געדראפט שלעפען דעם געוויכט ארויף צו און דורך דער פולי, שלעפט איהר די שטריקעל לינקס ארונ־טער, און דער געוויכט בעוועגט זיך ארויף צו. אן ארבייטער וואס דערלאנגט ציגעל, וואפנע, צעמענט צו דעם אנדערען ארבייטער, וואס שטעהט הויך אויף א געביידע, בינדט צו די כלי מיט די צי־

געל, א. ז. וו. צו איין עק פון דעם שטריק, וועלכע איז אריבער־
געווארפען איבער א פולי וואס איז איינגעפיקסט געווארען אויפ'ן
שפיץ פון דער געביידע, און ארונטערציהענדיג מיט זיין קראפט
דעם אנדערען עק פון דער שטריק, שלעפט ער די ציגעל ארויף צו,
און ער געווינט דערמיט זעהר פיעל. ערשטענס, איז לייכטער צו
מאכען מיט דער האנד בעוועגונגען אויף ארונטער, ווי צו שלעפען
זיי ארויף צו און צווייטענס ארויפלעגענדיג די כלי מיט די ציגעל
צו זיך אויף די פלייצעס וואלט ער געדארפט קלעטערען אויף א
לייטער און שלעפען זיין גאנצען קערפער צוזאמען מיט די ציגעל
ארויף צו. אדער אויב איהר ווילט געברויכען די קראפט פון א פערד
צו שלעפען די ציגעל ארויף צו און א פערד קען דאך ברויכען זיין
קראפט אין גלייכער ריכטונג און ניט אין דער ריכטונג פון ארויף
און אראב, קענט איהר דאס לייכט טהאן מיט דער הילף פון אט
אזעלכע פולים. איין איינגעפיקסטע פולי געפינט זיך ווי פריהער
אויבען אויף דער געביידע און א צווייטע איז איינגעפיקסט אויף
דער ערד. די ציגעל ווערען צוגעבונדען צו איין עק פון דער שטרי־
קעל, דער צווייטער עק ווערט אריבערגעווארפען איבער דער אוי־
בערשטער פולי און נאך דעם איבער דער צווייטער פולי אויף דער
ערד. דער פערד שלעפט דעם צווייטען עק פון דער שטריקעל אין
דער גלייכער ריכטונג היין און צוריק און די ציגעל הויבען זיך ארויף
צו צום שפיץ פון דער געביידע. אזא מין פולי ווערט געברויכט אי־
בעראל. שלעפענדיג א עמער וואסער פון א ברונים ווארפט מען
אריבער די שטריקעל איבער אזא פולי און ציהענדיג די שטריקעל
ארונטער שלעפט זיך דעם עמער וואסער ארויף צו. אזוי ווערען
וועש אויפגעהאנגען אויף דער ליין. איהר שלעפט איין זייט פון דער
שטריקעל צו זיך, און דורך דער פולי ציהט די אנדערע זייט שטריק
מיט די וועש אוועק פון אייך און פערקעהרט. אזעלכע פולים געפינט
איהר אויף יעדען שריט און טריט.

דער צווייטער סאָרט איז די בעוועגליכע פולי. די איינצעלנע בעוועגליכע פולי.

פיגור 6.



א איינצעלנע בעוועגליכע פולי.

קוט זיך צו צו דער פיגור און איהר געפינט דיזעלבע פולי, נאָר אנדערש איינגעריכטעט. צו דער אויבערשטער באַלקע איז אַנגעטשעפּעט ניט דער בלאָק פון דער פולי, נאָר איין עק פון דער שטריקעל, דער געוויכט, W איז ניט אויפגעהאנגען אויפ'ן שטריקעל, נאָר איז אַנגעטשעפּעט אויפ'ן בלאָק, אָדער מיט אַנדערע ווערטער דער געוויכט ציהט ניט די שטריקעל ארונטער, נאָר ער דריקט אַרונטער דירעקט דעם בלאָק און דעם אקס וואָס האלט אויף דעם בלאָק און צוזאמען מיט'ן בלאָק שלעפּט ער אַרונטער די גאַנצע פולי. אויפ'ן צווייטען עק פון דער שטריקעל איז צוגעטשעפּעט דיזעלבע ספּראַנזשינע וואָג וועלכע מען מוז אויפהאַלטען מיט דער האַנד און ציהען איהם אויף אַרויפצו אנשטאַט אַרונטער ווי אין דעם ערשטען פאַל. אין דיזען פאַל פון דער בעוועגליכער פולי קען מען די ספּראַנדזשינע וואָג מיט דער שטריקעל אויך אַנטשעפּען אויף דערזעלבער באַלקע, אוןביידע עקען פון דער שטריקעל וועלען בלייבען אונבעוועגליך צוגעטשעפּעט אויף דער באַלקע. זאָל זיין דער געוויכט W ווי פריהער 10 פונט. אויב ביידע עקען, מיט דער ספּראַנזשינע אויף רעכטס זיינען אַנגעטשעפּעט אויף דער באַלקע וועט איהר געפינען אַ מערקווירדיגע זאַך, די ספּראַנזשינע ציינט אַן

פינף פונט און ניט צעהן, ווי פריהער. דאָס הייסט, דער געוויכט W פון 10 פונט, וואָס איז אויפגעהאנגען אויף'ן בלאָק, אויפ'ן מי־טען הייסט דאָס פון דער פולי, ציהט די רעכטע זייט פון דער שטרי־קעל ניט מיט אַ קראַפט פון 10 פונט, נאָר מיט אַ קראַפט העלפט פון 10 פונט. מיט א קראַפט פון 5 פונט. אויב איהר זאָלט די ספּראַנ־זשינע אויפהאַלטען מיט'ן האַנד און איהר זאָלט מיט דער אנשטרענ־גונג פון אייערע מוסקלען לאַנגזאַם ציהען די רעכטע זייט פון דער שטריקעל מיט דער ספּראַנזשינע אַרויף צו, און אויף אַזאַ אופן ציהען אויף אַרויף צו דעם געוויכט W וועט איהר אויף דער ספּראַנזשי־נע לעזען דיזעלבע געשיכטע, די ספּראַנזשינע צייגט אַז אויף 5 פונט, דאָס הייסט אַז די אנשטרענגונג קראַפט פון אייער האַנד איז יעצט 5 פונט, און מיט דער אנשטרענגונג פון אַ קראַפט פון 5 פונט, הויבט איהר יעצט אויף אַ געוויכט פון 10 פונט.

עס איז זעלבסטפערשטענדליך אַז אין דעם פאַל גראַדע ווי אין דעם ערשטען פאַל, נעהמען מיר ניט אין אנבעטראַכט די אונבעדיי־טענדע רייבונג אין דער פולי, אויך ניט די וואָג פון דער דינער שטרי־קעל. דאָס איז זאָ ווייט אונבעדייטענד, אַז אויף אַ געוועהנליכער פּראָסטער ספּראַנזשינע קען מען דאָס ניט בעמערקען. אויף אַ גאָר פּינקטליכע דעליקאַטע וואָג וואָלט מען אויסגעפונען אַז די אנשטרענ־גונג קראַפט פון דער האַנד איז עטוואָס מעהר פון 5 פונט ; גראַדע אַזוי ווי אין דעם ערשטען פאַל מיט דער אונבעוועגליכער פולי, וואָלט אויף אַ פּינקטליכער וואָג די אנשטרענגונג קראַפט פון דער האַנד גע־צייגט עטוואָס מעהר פון 10 פונט. ווי איז דאָס מעגליך צו פער־שטעהן, וואָס מיט די בעוועגליכע פולי גיט אונז די מעגליכקייט מיט אַ אַנשטרענגונג קראַפט פון 5 פונט הויבען אַ געוויכט פון 10 פונט ? שפּעטער ווען מיר וועלען בעקאַנט ווערען מיט דער צווייטער איינפאַכער מאַשין וועלען מיר קענען מיט דעם געזעץ פון דער הע־בעל, אָדער ווי ער הייסט אין רוסיש דער ריטשאַג — ערקלעהרען דעם מעכאַנישען געווינס פון דער בעוועגליכער פולי. דערווייל־ע וועט זיין גענוג צו געבען די פאָלגענדע איינפאַכע ערקלערונג. קוקט זיך צו צו דער פיגור. דער געוויכט W פון 10 פונט הייננט אין מיטען פון דער פולי און ער ציהט אַןביידע זייטען פון דער שטרי־קעל סיי רעכטס, סיי לינקס גלייך. אַזוי ווי ביידע זייטען ווערען אַנ־

געצווינגען מיט א קראפט פון 10 פונט, הייסט דאס אז יעדע זייט בעזונדער ווערט אנגעצווינגען מיט א העלפט פון די 10 פונט, דאס הייסט די רעכטע זייט שטריקעל מיט דער ספראנזשינע ווערט אנ־געצווינגען נאר מיט א קראפט פון 5 פונט אויף ארונטער צו, און אום דאס צו בייקומען ברויכען מיר צו האבען א געגען קראפט וואס ארבייט אויף ארויפצו נאר פון 5 פונט, און עטוואס מעהר פון 5 פונט וועט בייקומען דעם געוויכט און מאכען ער זאל זיך בע־וועגען ארויף צו. אום דאס ווירקליך צו בעווייזען, קענט איהר איינפיקסען א צווייטע ספראנזשינע וואג אויף דער לינקער זייט פון דער שטריקעל, און די ספראנזשינע וועט אייך איבערצייגען אז אויף דער זייט שטריקעל איז דא אויך א קראפט פון 5 פונט. דער עקס־פערימענט מיט דער איינצעלנער בעוועגליכער פולי בעווייזט אז מיט דעם סארט פולי איז די אנשטרענגונג קראפט F פונקט א העלפט פון דער געגען־קראפט W . אדער א העלפט פון דעם גע־וויכט W וועלכע די אנשטרענגונג קראפט זוכט צו בייקומען. נעה־מען מיר בעטראכטען די שטרעקען וואס די קראפטען F און W געהען דורך אין זייער בעוועגונג, וועט זיך אויסווייזען א פערקעהר־טע פערהעלטניס. ווען דער געוויכט W הויבט זיך אויף זעקס פוס, דאס הייסט 6 פוס נעהענטער צו דער באלקע, וועלען דאך מוזעןביידע זייטען פון דער שטריקעל, אי די רעכטע אי די לינקע, דער־נעהענטערען זיך צו דער באלקע, יעדע זייט אויף 6 פוס, מיט אנ־דערע ווערטער הייסט דאס, אז די קראפט F פון דער האנד וועט מוזען אויסציהען נים 6 נאר 12 פוס פון דער שטריקעל ארויף צו. ווי מיר האבען פריהער געלערנט, ווערט די ארבייט פון יעדער קראפט געמאסטען דורך דעם וואס מיר כפל'ען די גרויס פון דער קראפט אויף די שטרעקע וואס די קראפט האט געמאכט די זאך אויף וועלכע זי ווירקט צו בעוועגען זיך.

אנווענדענדיג דעם רעגעל צו אונזערע צוויי קראפטען אין דער איינצעלנער בעוועגליכער פולי, וועלען מיר לייכט אויסגעפינען אז דער געוויכט W פון 10 פונט, אדער די צוציהונגקראפט פון 10 פונט האט זיך אויפגעהויבען א שטרעקע פון 6 פוס אין דער הויך האט די קראפט אבגעטהאן אן ארבייט פון 10 מאל 6 אדער 60 פונט־פוס.

די טהעטיגע קראפט F פון דער האנד, וואס האט געשלעפט דעם געוויכט, איז דאך אין דעם פאל ניט מעהר ווי 5 פונט, דערפאר אבער האט זי דורכגעמאכט א שטרעקע פון 12 פוס, הייסט דאס אז די ארבייט פון דער האנד איז 5 מאל 12 אויף 60 פונט־פוס, קומט וויטער אויס דאסזעלבע ווי אין דעם פאל פון דער איינגעפיקסטער פולי, אז די ארבייט וואס איז אריינגעלעגט געווארען אין דער מא־שין ביי דער ווירקענדער קראפט F רעכטס איז פונקט דיזעל־ביגע וואס די געגען־קראפט אדער דער געוויכט W האט אבגע־טהאן אויף איהר פלאץ אין דער מאשין.

די מעכאנישע ארבייט איז טאקע דיזעלביגע אויףביידע פונק־טען אין דער מאשין, און דאך האבען מיר דורך דער בעוועגליכער פולי א גרויסען געווינס. א קראפט פון 5 פונט קען הויבען א גע־וויכט פון 10 פונט. אמת, די קראפט פון 5 פונט אנשטרענגונג פון אונזער האנד מוז דערפאר דעקען א שטרעקע 2 מאל אזוי גרויס ווי די שטרעקע אויף וועלכע דער געוויכט וועט זיך הויבען, דאס הייסט די אנשטרענגונג קראפט פון דער האנד וועט מוזען זיך בעוועגען צוויי מאל אזוי שנעל ווי די קראפט וועלכע זי זוכט צו בייקומען, אבער אין מייסטע פאלען וועט אונז ווייניג וואס קימערען וואס מיר ציהען 12 פוס פון שטריקעל אין דער צייט וואס דער געוויכט וועט זיך אויפהויבען נאר אויף 6 פוס, זאלאנג מיר דארפען זיך אנשטרענ־גען נאר מיט קראפט פון 5 געגען א ווידערשטאנד אדער א קראפט פון 10 פונט.

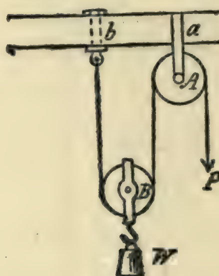
ווען מיר וועלען בעקאנט ווערען מיט די איבעריגע איינפאכע מאשינען, וועלען מיר זעהען אז דער מעכאנישער געזעץ האלט אויס ריכטיג אין אלע פון זיי. אויב דורך א מאשין געווינען מיר אין קראפט, דאס הייסט מיר קענען מיט א קלענערער קראפט בייקומען א גרעסערען ווידערשטאנד, פערלירען מיר אין געשווינדקייט גראדע אזוי ווי מיט דער איינצעלנער בעוועגליכער פולי. מיט איהר געווינען מיר אין קראפט 2 מאל, מיט א קראפט פון 5 פונט קענען מיר הוי־בען א געוויכט פון צעהן פונט, דערפאר פערלירען מיר אין געשווינד־קייט צוויי מאל. די קראפט פון 5 פונט מוז זיך בעוועגען 12 פוס אין דער צייט ווען דער געוויכט הויבט זיך אויף נאר אויף 6 פוס.

פינפטער קאפיטעל

קאמבינאציאנען פון פולים.

אין דער פראקטיקע ווערען געברויכט א גאנץ מדויסע צאהל פון פערשיידענע קאמבינאציאנען אדער סיסטעמען פון פולים. מיר וועלען זיך מוזען בענוגענען מיט א קורצער בעקאנטשאפט פון די הויפט־סיסטעמען. פיג. 7 שטעלט אייך פאר די איינפאכסטע קאמבינאציע פון 2 פולים, איינע א בעוועגליכע, די צווייטע אן איינגעפיקסטע.

פיגור 7.

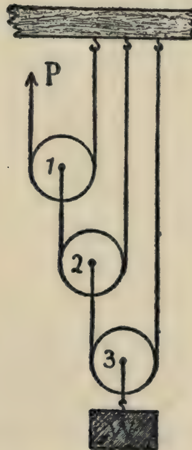


א קאמבינאציע פון 2 פולים

דער מעכאנישער ווערטה פון דער קאמבינאציע בלייבט דערזעלבער ווי פון דער איינצעלנער בעוועגליכער פולי, די קראפט וואס קען בייקומען און הויבען דעם געוויכט W איז א העלפט פון דעם געוויכט, נאר אנשטאט צוציהען די רעכטע זייט פון דער שטריקעל ארויף צו, ווארפט מען די שטריקעל אריבער דער איינגעפיקסטער פולי און דורך דעם קענט איהר ציהען די שטריקעל אויף אריינטער און דער געוויכט W, צוויי מאל אזוי גרויס ווי די קראפט וואס ציהט די שטריקעל ארונטער, וועט זיך הויבען ארויף צו. אין דער קאמבינאציע קריגט איהר דעם מעכאנישען אויפטהו פוןביידע סארטען פולים. די בעוועגליכע פולי גיט אונז דעם געווינס אין קראפט

און די איינגעפיקסטע פולי גיט אונז די מעגליכקייט צו בייטען די ריכטונג פון דער אנגעווענדעטער קראפט. ווי אויבען דערמאָנט אויב איהר ווילט אז ניט די קראפט פון אייער האנד, נאָר די קראפט פון א פערד זאָל הויבען דעם געוויכט W קענט איהר ברויכען א צווייטע איינגעפיקסטע פולי אויף דער ערד, און דער פערד געהענדיג הין און צוריק, וועט קענען הויבען מיט דער קאָמבינאציע א געוויכט צוויי מאָל אזוי גרויס, ווי ער וואָלט געקענט שלעפען מיט זיין קראפט אהן א מאשין. די הויפט סיסטעמען פון פולים, וואו עס ווערען געברויכט פיעלע פולים אנשטאט איינער, קענען איינגעטהיילט ווערען אין דרייערליי סאָרטען: די ערשטע און די איינפאכסטע פון זיי איז א קאָמבינאציע פון פיעלע בעוועגליכע פולים.

פ י ג ו ר 8.

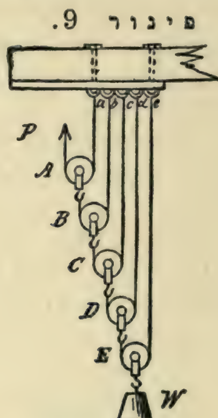


א קאָמבינאציע פון 3 בעוועגליכע פולים.

(פיג. 8) שטעלט פאר א קאָמבינאציע פון דריי בעוועגליכע פולים. אין דער קאָמבינאציע איז דאָ פאר יעדער פולי א בעזונדער שטריקעל. עס זיינען דאָ דריי פולים און דריי שטריקלעך. יעדע שטריקעל איז מיט איין עק פון איהר צוגעבונדען אויף א בעזונדער פלאץ

צו דערזעלבער באלקע, יעדע פון זיי ווערט אריבערגעווארפען איי־בער איהר פולי, די ערשטע שטריקעל איבער דער ערשטער בעוועגלי־כער פולי, די צווייטע שטריקעל איבער דער צווייטער פולי א. ז. וו. דער צווייטער עק פון יעדער שטריקעל, נאכדעם ווי זי איז אריבערגע־ווארפען איבער דער פולי, ווערט צוגעבונדען צום בלאק אדער צו דער אקס פון דער נעקסטער פולי. די פיג. 8 פון קלארקייט וועגען שטעלט

פיגור 9.



א קאמבינאציע פון 5 בעוועגליכע פולים.

פאר די דריי פולים אהן זייערע בלאקס. פיגור 9 שטעלט פאר א קאמ־בינאציע פון 5 בעוועגליכע פולים ריכטיג מיט זייערע בלאקס, ווי זיי ווערען געברויכט אין דער ווירקליכער פראקטיקע. אויך האט איהר דא פינף פולים און פינף שטריקלעך, א שטריקעל פאר יעדע פולי בעזונדער און די עקען פון יעדער שטריקעל ווערען צוגעבונדען ווי אין פיגור 8, איין עק צו א בעזונדערן פלאץ אין דער באלקע און דער צווייטער עק צום בלאק פון דער נעקסטער פולי. לאמיר בע־טראכטען דעם געווינס פון דער קאמבינאציע אין פיגור 8. דער גע־וויכט W, לאמיר זאגען דיזעלביגע 10 פונט, דריקט, ווי מיר וויסען שוין, אויף דער שטריקעל לינקס וואס איז צוגעבונדען צום בלאק פון דער פולי נומער 2, מיט א העלפט פון זיין קראפט, אדער מיט א העלפט פון זיין געוויכט, דאס הייסט מיט א קראפט פון 5

פונט, אדער מיט א העלפט פון זיין געוויכט, דאס הייסט מיט א קראפט פון 5 פונט. קומט אויס אז די צווייטע בעוועגליכע פולי ווערט געשלעפט פון דעם געוויכט W ארונטער נאר מיט א קראפט פון 5 פונט, דער דרוק פון די 5 פונט ווערט דאך ווייטער צוטיילט אויף צווייען: אויף איהר רעכטער און לינקער זייט, דער דרוק פון איהר רעכטער שטריקעל, א העלפט פון די 5 פונט געהערט צו דער באלקע וואו זי איז צוגעבונדען, און איהר לינקע שטריקעל וואס איז צוגעבונדען צום בלאק פון דער ערשטער פולי שלעפט די פולי נומער 1 מיט א קראפט בלויז וואס איז העלפט פון 5 פונט, דאס הייסט 2 און א האלב פונט. די פולי נומער 1 וואס ווערט געדריקט ארונטער פון געוויכט 'W בלויז מיט א קראפט פון צוויי און א האלב פונט, צוטהיילט דאך ווייטער דעם דרוק אויף צוויי גלייכע העלפט און אויף דער לעצטער שטריקעל פון דער לינקער זייט איז דא א דרוק ארונטער ניט מעהר ווי איין פונט מיט א פיערטייל און די האנד, וואס האלט אויף די לעצטע שטריקעל לינקס, דארף זיך אנשטרענגען מיט א קראפט עטוואס מעהר פון 1 און א פערטעל פונט און זי וועט מיט דיזער שוואכער אנשטרענגונג קראפט בייקומען דעם געוויכט W פון 10 פונט און צווינגען איהם צו בעוועגען זיך ארויף צו. מיט 3 בעוועגליכע פולים איז דער מעכאנישער געווינס 2x2x2 אדער 8, מיט א קראפט פון א פונט קענען מיר הויבען מיט דער הילף פון די דריי פולים א געוויכט פון 8 פונט, און פאר יעדער נייער בעוועגליכער פולי וועט די אנשטרענגונג קראפט אלץ קלענער ווערען אויף א העלפט.

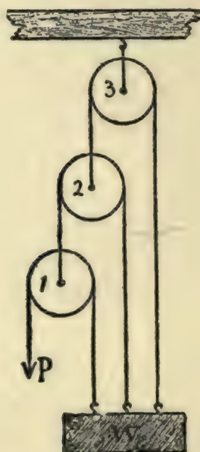
אין פיגור 9 וואס ציינט די קאמבינאציע פון 5 בעוועגליכע פולים, וועט די אנשטרענגונג קראפט, וואס האלט אויף די לינקע שטריקעל פון דער לעצטער פולי A זיין ניט מעהר ווי א צוויי־און־דרייסיגסטייל פון דעם געוויכט W איהר קענט דאס אליין לייכט בערעכענען: פון דריי פולים ווערט די קראפט איין אכטעל; פון דער פיערטער פולי ווערט די נויטיגע קראפט א העלפט פון איין אכטעל, דאס הייסט איין זעכצענטייל, פון דער פינפטער ווערט זי א העלפט פון איין זעכצענטהייל אדער א צוויי־דרייסיגסטייל פון דעם געוויכט

דאס הייסט אז אן אנשטרענגונג ארויף צו פון איין פונט וועט

בייקומען א געוויכט פון 32 פונט, מיט צעהן אזעלכע פולים וואלט מען מיט דער קראפט פון איין פונט געקענט בייקומען א געוויכט פון טויזענד פונט; אויב 10 פולים מאכען די אנשטרענגונג קראפט א טויזענדטייל פון דעם ווידערשטאנד, דאן הייסט דאס אז נאך 10 פולים וועלען מאכען די אנשטרענגונג קראפט א טויזענדטייל פון א טויזענדטייל אדער איין מיליאנטייל פון דעם געוויכט, מיט אנדערע ווערטער מיט 20 בעוועגליכע פולים איינגעארדענט אויף דעם זעלבען אופן ווי די אנגעצייגטע פיגורען 8, און 9, וואלט א קראפט פון איין פונט געקענט אויפהייבען א געוויכט פון א מיליאן פונט. פון דעסטוועגען ווערט די קאמבינאציע פון פולים, ווי אויך די צווייטע וועלכע איך וועל באלד בעשרייבען, זעהר זעלטען גע־ברויכט אין דער פראקטיקע. פאר וואס זיי ווערען ווייניג געברויכט וועלען מיר זעהען שפעטער, ווען מיר בעטראכטען דיביידע סיס־טעמען צוזאמען.

די צווייטע קאמבינאציע אדער סיסטעמע פון בעוועגליכע פולים.

פיגור 10



א קאמבינאציע פון 3 איבערגעקעהרטע בעוועגליכע פולים

פיגור 10 שטעלט פאר די קאמבינאציע פון דער צווייטער סיסטעם. אויך זיינען דא די דריי פולים פון קלארקייט וועגען פאר־נעשטעלט אהן זייערע בלאקס, ווי איהר זעהט, איז דאס א קאמבי־נאציע פון דער ערשטער סיסטעם, נאר אוועקגעשטעלט מיט'ן קאפ אראפ. אנשטאט צו דער אויבערשטער באלקע זיינען אלע דריי שטריקלעך פון די פולים צוגעבונדען יעדע בעזונדער צום געוויכט W און די לעצטע פולי נומער 3 איז אויפגעהאנגען דורך איהר אקס אויף דער באלקע. דערפאר קומט אויס דער אנשטרענגונג קראפט פון דער האנד צו ארבייטען ניט אויף ארויף צו, נאר אויף ארונטער, דער מעכאנישער ווערטה פון דער קאמבינאציע איז אביסעל אנ־דערש פון דער ערשטער קאמבינאציע דורך דעם וואס יעדע פון די דריי פולים ארבייט בעזונדער אויף דעם געוויכט צו וועלכען זיי זיינען צוגעבונדען. לאמיר זאגען אז די קראפט P וואס ציהט ארונטער די שטריקעל פון פולי נומער 1, איז איין פונט, הייסט דאס אז די קראפט P ציהט אויך די אנדערע זייט שטריקעל פון פולי נומער 1 וואס איז צוגעבונדען צום געוויכט W אויף מיט א קראפט פון איין פונט אויף ארויף צו. צו דערזעלבער צייט אבער ציהט פולי 1 דורך דער שטריקעל וואס איז צוגעבונדען צו איהר אקס די פולי נומער 2 ארונטער מיט א דאבעלטער קראפט פון 2 פונט (ווי עס איז פריהער בעוויזען געווארען) און די שטריקעל פון פולי 2 וואס איז צוגעבונדען צום געוויכט W ציהט דעם געוויכט ארויף צו מיט א קראפט פון 2 פונט. די צווייטע פולי ציהט שוין די פולי נומער 3 ווייטער מיט א דאפעלטער קראפט, דאס הייסט מיט 4 פונט און די שטריקעל פון פולי 3 וואס איז צוגעבונדען צום געוויכט W שלעפט דעם געוויכט ארויף צו מיט א קראפט פון 4 פונט. אלזא אלע 3 שטריקלעך צוזאמען ציהען דעם געוויכט W מיט איין קראפט פון איין פונט און 2 פונט און 4 פונט $1 \times 2 \times 4$ סך הכל 7 פונט.

דער מעכאנישער ווערטה פון די דריי בעוועגליכע פולים פון דער צווייטער סיסטעם איז ניט 8 ווי אין דער ערשטער סיסטעם, נאר 7; מיט איינע ווייניגער ווי אין דער ערשטער סיסטעם. 4 בעוועגליכע פולים וואלטען געהאט אין דעם ערשטען סיסטעם א

מעכאנישען ווערטה פון 16. אין דער צווייטער סיסטעם וועלען די 4 פולים האבען א מעכאנישען ווערטה פון 15. א. ז. וו.

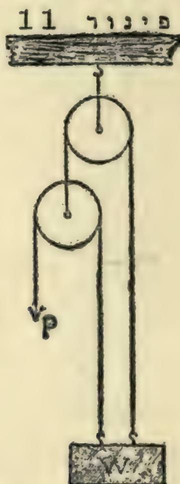
מען קען אט דעם אונטערשייד, וואס די צווייטע סיסטעם איז אימער מיט איינס וויניגער פון דער ערשטער, ערקלעהרען אויף אן איינפאכערען וועג. דער אונטערשייד שטאמט דערפון וואס אין דער ערשטער סיסטעם האט די האנד געארבייט אויף ארויף, און אין דער צווייטער סיסטעם ארבייט די האנד ארונטער. ווען מען זאל בעטראכטען דעם דרוק אויף דער באלקע, ווארים נאך אלעמען האלט דאך די באלקע אויף אי דעם געוויכט W אי דעם וואג פון די שטריק מיט די פולים, וועלען מיר געפינען פאלגענדעס, אין דער ערשטער סיסטעם האט א קראפט פון איין פונט ארבייטענדיג דורך 3 בעוועגליכע פולים געקענט הויבען א געוויכט פון 8 פונט און אין דער צווייטער סיסטעם קען די קראפט פון איין פונט הויבען נאר 7 פונט. וואס אנבעלאנגט דעם וואג פון די שטריקלעך און די פולים, נעמען מיר דאס נים אין אנבעטראכט ניט אין דער ערשטער און ניט אין דער צווייטער סיסטעם. לאמיר זשע בעטראכטען דעם דרוק אויף דער באלקע איןביידע פאלען. אין דעם ערשטען פאל ווען דער געוויכט W איז געווען 8 פונט און די קראפט פון האנד איז געווען נאר איין פונט, האט דער געוויכט W ציהענדיג ארונטער מיט א קראפט פון 8 פונט געדריקט אויף דער באלקע מיט א קראפט פון בלויז 7 פונט, ווייל דער פונט קראפט פון דער האנד ארבייטענדיג אויף ארויף צו האט צוגענומען אויף זיך איין פונט דרוק פון דעם 8 פונטיגען געוויכט W. אין דער צווייטער סיסטעם, ווען די האנדקראפט ציהט ארונטער די שטריקעל מיט א קראפט פון איין פונט, נעהמט זי אויף זיך קיין טייל ניט פון דעם דרוק פון דעם געוויכט W שטעהט אוים די באלקע אליין דעם דרוק פון 7 פונט געוויכט ווי פריהער.

איך רייד דא בלויז פון דעם געוויכט W פון 8 פונט און די האנד קראפט פון איין פונט, ווייל איך שטיץ זיך אלץ אויף דעם בילד פון דריי בעוועגליכע פולים, עס פערשטעהט זיך ווען די צאהל פון די פולים איז ניט דריי, וועלען די פערהעלטניסע צווישען דעם געוויכט W און די קראפט P אויך זיין אנדערע.

נאך דער בעטראכטונג פון דעם ענין ווענען דעם דרוק אויף דער באלקע קומט אויס, אז אין דער צווייטער סיסטעמע וואו די קראפט טהוט אויף עטוואס ווייניגער ווי אין דער ערשטער סיסטעם, איז דער דרוק אויף דער באלקע גרעסער ווי אין דער ערשטער סיס־טעם, ווען איין פונט קראפט שלעפט ארויף א מאסע פון 8 פונט, האט די באלקע נאר א דרוק פון 7 פונט, און דערזועלבער פונט קראפט מיט דער צווייטער סיסטעם פון פולים קען נאר הויבען א מאסע פון 7 פונט, האט די באלקע אויף זיך דעם גאנצען דרוק פון די 7 פונט און דערצו דעם דרוק פון נאך א פונט פון דער האנד קראפט, ווייל זי ציהט אויך ארונטער צו און ניט ארויפצו, דאס קען מען בעווייזען אין פאלען ווען די טהעטיגע קרעפטען זיינען פיעל גרעסערע ווי איין פונט, עס צייגט זיך ארויס, אז אין די פאלען מוז מען מיט דער צווייטער סיסטעם האבען פעסטערע באלקעס ווי מיט דער ערשטער סיסטעם, און דאך ווערט די צווייטע סיסטעם מעהר געברויכט אין פראקטיקע ווי די ערשטע. ערשטענס, איז בע־קוועמער צו ארבייטען מיט דער האנד ארונטערצו ווי ארויפצו, און צווייטענס אין דער ערשטער סיסטעם דארף מען שלעפען אלע פולים ארויפצו, און וואס גרעסער און שווערער די פולים אלץ שווערער וועט זיין פאר דער האנד צו שלעפען זיי ארויף, פערקעהרט, אין דער צווייטער סיסטעם וואס שווערער די פולים אלץ לייכטער וועט זיין צו ארבייטען אויף ארונטערצו , ווייל די שווערע פולים וועלען מיט־העלפען מיט זייער דרוק ארונטער אנשטאט צו שטערען די קראפט פון האנד, ווען זי דארף זיי שלעפען אין דער הויך.

אין דער פראקטיקע ווערען די ביידע סיסטעמען זעהר זעלטען געברויכט טראץ דעם וואס דער מעכאנישער געווינס איז אזוי גרויס. מילא, ווען מיר האבען פערבייגעהענדיג אויסגערעכענט, אז מיט דער הילף פון 20 בעוועגליכע פולים וואלט מען געקענט מיט א קראפט פון איין פונט האבען א מיליאן פונט געוויכט, איז דאך אב־גערעדט, אז אין דער פראקטיקע קען מען אזא זאך ניט דערווייזען, ווארום וואו וועט מען קריגען א באלקע וואס וועט קענען אויסהאל־טען א דרוק פון א מיליאן פונט, אפילו די קלענערע צאהלען ווי 3 און 4 פולים ווערען אויך ניט געברויכט. ערשטענס איז ניט בע־קועם דאס וואס מען מיז ברויכען צופיעל שטריקלעך, אזוי פיעל

שטריקלעך ווי פיעל פולים. דער הויפט שטער אין דער פראקטיקע איז אבער דאס, וואס די פולים בעוועגען זיך ניט מיט דער זעלבער שנעלקייט. נאר די ערשטע פולי, וואס איז די נאהענסטע צו דער קראפט **P** בעוועגט זיך 2 מאהל אזוי שנעל ווי די צווייטע, און די צווייטע 2 מאהל שנעלער ווי די דריטע א. ז. וו. אויף די פיגורען שטעהען די פולים גאנץ פיין, אויף דער זעלביגער ווייטקייט איינע פון די אנדערע. לאזט אבער אזא מאשין ארבייטען, וועלען די פולים אזוי שנעל פאנאנדער לויפען איינע פון די אנדערע, און ספעציעל די ערשטע וואס בעוועגט זיך אם שנעלסטען וועט זיך אין א קורצע ווייל פערטראגען ווייט ווייט פון די אנדערע, און זי ווערט נוצלאז. די צווייטע סיסטעם ווערט אמאל יא געברויכט אין די פאלען וואו עס איז דא גענוג פלאץ צו בעוועגען זיך. ווען אייך איז א מאהל אויסגעקומען בייוואהנען ווי מען לאדעט אויס א קוילען־שיף, זייט איהר געוויס איבעראשט געווארען צו זעהען ווי מיט אמאהל דער־לאנגט זיך א לאז ארונטער א פולי, דאס ארבייט א קאמבינאציע פון פולים נאך דער צווייטער סיסטעם. אין גאנצען איז דא א קאמ־בינאציע פון 2 בעוועגליכע פולים. (פיג. 11) איהר ווייסט דאך

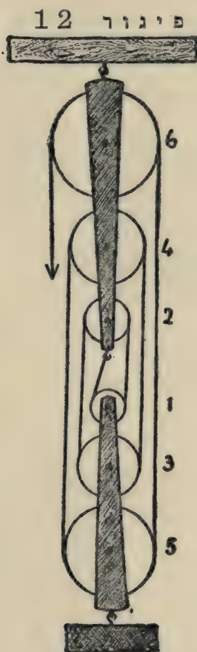


צוויי פולים פון דער צווייטער סיסטעם

אז מיט אזא פּאָר בעווענליכע פּולים אין דער צווייטער סיסטעם איז דער מעכאַנישער געווינס 3, א פונט פון דער קראַפט P הויבט א געוויכט פון 3 פונט, דאָס איז כמעט די איינצעלנע קאָמבינאַציע פון די ערשטע סאָרטען וואָס ווערט געברויכט אין פּראַקטיקע. די קאָמבינאַציעס פון דעם דריטען סאָרט האָבען א פיעל קלענערען מעכאַנישען געווינס אָבער אין זיי ווערט אויסגעמיידט אַט די אַלע אַנגעצייגטע חסרונות פון די ערשטע סיסטעמען, און דער דריטער סאָרט ווערט כמעט איבעראַל געברויכט אין פּראַקטיקע.

די דריטע קאָמבינאַציע (פיג. 12)

פיגור 12



א קאָמבינאַציע פון פּולים פון דעם דריטען סאָרט

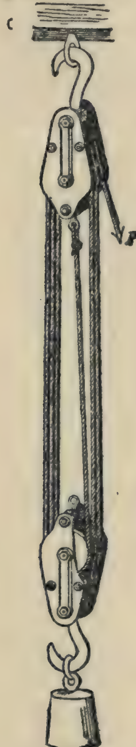
די פּולים זיינען דאָ, ווי איהר זעהט פון דעם פיגור, איינגע־

טיילט אין 2 סעטס, יעדער סעט בעשטעהט פון דער זעלבער צאהל פולים, אין דער פיגור בעשטעהט יעדער סעט פון דריי פולים, יעדער סעט איז איינגעפיקסט צוזאמען אין איין בלאק. דער אויבערשטער בלאק ווערט אנגעהאנגען אויף דער באלקע, דער געוויכט הייננט אויף דעם אונטעשטען בלאק. אנשטאט פיעלע שטריקלעך, ווערט אין דער קאמבינאציע געברויכט נור איין שטריקעל. איין עק פון דער שטריקעל מוז מען א פריהער צו בינדען צו דעם אויבערשטען בלאק, דאן כאפט זי ארום די קלענסטע פולע פון דעם אונטערשטען בלאק, געהט אריבער אויף דער קלענסטער פולי פון דעם אויבערש־טען בלאק, פון דעם קלענסטען אויבערשטען בלאק צו דער מי־טעלער פולי פון אונטען, און אזוי ווייטער, ווי איהר קענט דאס דייטליך זעהען אין דער פיגור. דער צווייטער עק הייננט אראפ לינקס פון דער גרעסטער פולי פון דעם אויבערשטען בלאק. אזוי ווי דער גאנצער אונטערשטער סעט פון די דריי פולים איז איינגעפיקסט אין איין בלאק, מוז זיך דער גאנצער סעט בעוועגען ווי איין שטיק און דא קען ניט געמאלט זיין אז די פולים וואס בעוועגען זיך מיט פערשיידענע שנעלקייט זאלען זיך פאנאנדער פליהען, ווי אין די ערשטע צוויי סיסטעמען. עס וואלט אבער אלץ געווען א צרה, אמת די פולים קענען זיך ניט פערנאנדערפליהען, אבער דאך בעוועגען זיי זיך אלץ שנעלער וואס נעהענטער צו דעם געוויכט און צו דער באלקע, און אויב זיי אליין קענען זיך ניט פאנאנדערגעהען, וואל־טען די שטריק זיך פאנאדערגעהען און וואלטען זיך געפלאנטערט און נעקרימט, אום דאס צו פערמיידען איז דא דער קונציגער איינ־פאל, וואס די פולים ווערען געמאכט אלץ גרעסער און גרעסער, אין דער זעלבער פראפארציע ווי עס וואקסט זייער שנעלקייט ביי'ן בע־וועגען זיך. און דערפאר זיינען זיי אין דער פיגור איינגעטיילט אין דריי פאאר, איינע פון דעם אונטערשטען בלאק מיט דער ענטשפרעכענדער פולי פון דעם אויבערשטען בלאק, דערפאר זיינען די נומערען אין דער פיגור געפאארט 1 מיט 2; 3 פון אונטען מיט 4 פון אויבען, 5 פון אונטען מיט 6 פון אויבען.

די פארמע פון פולים האבען נאך אלץ דעם פעהלער וואס אויף לייננערע שטרעקען קען מען זיי ניט ברויכען, זי קען אויפהייבען דעם געוויכט אויף א גאנץ קליינע שטרעקע, אז מען זאל אפילו ברוי־

כען א ליינגערע שטריק ווי אין דעם פיגור, וואו דער אונטערשטער בלאָק איז צו נאָהענט צו דעם אויבערשטען, וועט אלץ די גרויסע ליינג פון דעם אויבערשטען בלאָק ניט דערלאָזען דעם געוויכט צו קומען נאָהענט צו דער באלקע, דערפאר ווערט אין דער פראק־טיקע געברויכט אנאנדער פארמע פון דער זעלבער סיסטעם. די פולים ווערען איינגעפיקסט אין בלאק ניט אין דער ליינג, איינע אונ־טער די אנדערע, נאָר זייט ביי זייט און דער בלאק איז ניט א לאנ־גער, נאָר א דיקער. (פיג. 13) צייגט דעם אויסערליכען אויסזעהן פון

פיגור 13



דער אויסערליכער אויסזעהן פון פולים אין פראקטישען געברויך

דער פארמע וועלכע ווערט אם מייסטען געברויכט אין פראקטיקע אין אלע אנדערע איינצעלהייטען בלייבט דיפארמע די זעלביגע ווי די ערשטע פארמע: די פערשידענע גרויס פון די פולים, די אייצעלנע שטריקלעך ווערען צוגעבונדען אויף דעם זעלבען אופן, אויך דאס פארען די פולים אין קאפעלס, א. ז. וו.

וואס אנבעלאנגט דעם מעכאנישען געווינס פון דער פראקטישער סיסטעם איז ער פיעל קלענער ווי אין די ערשטע צוויי סיסטעמען, ווארום א העלפט פון די פולים זיינען דאך איינגעפיקסטע, און פון די 6 פולים זיינען נאר דריי בעווענליכע אין דעם אונטערשטען בלאק. דעם געווינס אבער קען מען גאנץ לייכט אויסגעפינען, קוקט זיך צו צו פיגור 12 און איהר וועט קלאהר זעהען אז דער געוויכט איינגענטליך ווערט אויפגעהאלטען פון 6 שטריקלעך, דאס הייסט פון דער איין שטריק ווערט 6 טיילען וועלכע זיינען גלייך אנגעצויגען פון דעם געוויכט, דריי רעכטס, און דריי לינקס, ווען דער געוויכט ווערט ארויפגעצויגען איין פוס, ווערט יעדער טייל פון די 6 שטריקלעך פארקירצט אויף איין פוס, און דער פרייער עק פון דער שטריק, וואו עס ארבייט די אנשטרענגונג קראפט פון דער האנד, מוז זיך ארונטערלאזען אויף גאנצע 6 פוס. אזוי ווי די האנד קראפט בעוועגט זיך אין דער סיסטעם 6 מאהל שנעלער פון דער געוויכט, צייגט דאס נאך דעם אלגעמיינעם געזעץ וואס מיר האבען דערמאנט, אז די קראפט גע'כפל'ט אויף איהר געשווינדקייט, מוז זיין גלייך צו דעם געוויכט גע'כפל'ט אויף זיין געשווינדקייט, אז די האנד־קראפט מוז זיין 6 מאהל קלענער פון דעם געוויכט און ווען מען כפל'ט איהר אויף איהר געשווינדקייט וואס איז 6 מאהל גרעסער ווי די געשווינדקייט פון דעם געוויכט, וועט דאס אויסקומען גלייך מיט דעם כפל'ען פון דעם געוויכט, אויף זיין געשווינדקייט. אויב דער געוויכט איז 6 פונט און ער הויבט זיך אויף אויף איין פוס, דארף די קראפט פון דער האנד זיין ניט מעהר ווי איין פונט און זי בעוועגט זיך צו דערזעלבער צייט אויף 6 פוס ארונטער. אנשטאט די צאהל שטריקלעך קען מען זאגען אז די צאהל פון אלע פולים צייגט דעם מעכאנישען געווינס פון דער סיסטעם. אין דער פיג. 12 זיינען דא אין גאנצען 6 פולים און דער געווינס איז 6. זאל מען האבען 8 פולים, 4 איינגעפיקסטע און 4 בעוועג־

ליכע, איינגעארדענט נאך דער לעצטער סיסטעם נאך, וועט דער געווינס זיין 8, מיט אנדערע ווערטער פאר יעדער בעוועגליכע פולי איז דא א געווינס פון 2, 3 בעוועגליכע פולים אין דער לעצטער סיסטעם מאכען א געווינס פון 6, 4 בעוועגליכע פולים א געווינס פון 8 א. ז. וו.

נאך דעם ווי מיר זיינען אביסעל בעקאנט געווארען מיט איינער פון די איינפאכע מאשינען, די פולי, וועט אונז לייכטער זיין צו בעגרייפען די בעאבאכטונגען וועגען מאשינען אין אלגעמיין, און די מעכאנישע געזעצען וואס וועלען העלפען אונז צו פערשטעהען די בעדייטונג פון אלע אנדערע איינפאכע מאשינען.

זעקסטער קאַפּיטעל

מאשינען.

מאשינען זיינען אַזעלכע מעכאַניזמען, וואָס גיבען אונז די מעגליכקייט, אַז אַ וועלכע עס איז קראַפט זאָל אַנגעווענדעט ווערען אין איין פּונקט אָדער פּלאַץ און אויפטהאָן זיין ארבייט אין אַנאַנדער פּונקט, און צו דערזעלבער צייט דורך די זעלבע מעכאַניזמען קען די אַנגעווענדעטע קראַפט האָבען גאַנץ פערשיידענע ריכטונגען, און די אַרבייט אויף דעם אַנדער פּונקט זאָל אָבגעטהאָן ווערען אין אַנאַנדער ריכטונג, דורך אַ מאַשין קען אויך די קראַפט זיין פיעל קלענער אין מאָס, ווי די קראַפט וואָס זי דאַרף בייקומען אויף דעם אַנדער פּונקט.

די בעוועגונג קראַפט פון די ווינטען ווערט אַנגעווענדעט אויף די פליגלען פון דעם ווינט־מיל, און די קראַפט דורך די מעכאַניזמען פון דעם ווינט מיל טהוט די אַרבייט אין גאָר אַן אַנדער פּלאַץ. זי בעוועגט גאָר די מיל־שטיינער איינע איבער די אַנדערע, די ריכטונגען פון דער טרייבענדער קראַפט פון ווינט זיינען דאָך גאַנץ אַנדערע ווי די ריכטונג פון דער בעוועגונג פון די מיל־שטיינער. דאָס וואַסער פון אַ וואַסער־מיל פאַלט מיט אַ געוויסער קראַפט אַרונטער אויפ'ן ראָד פון דעם וואַסער־מיל און טהוט די אַרבייט פון צומאַלען אַנדערשוואו, אויך איז די ריכטונג פון דער וואַסערקראַפט אַ גאַנץ אַנדערע, ווי די ריכטונג פון די רעדער וואָס טהוען די אַרבייט, מיר האָבען געזעהען ווי דורך די פערשיידענע קאָמבינאַציעס פון פּולים קען אַן אונבעדייטענדע קראַפט הויבען אַ געוויכט ניט לערך גרעסער פון איהר. דאָך איז די מאַשין אין אַלע פאַלען ניט מעהר ווי אַ מיטעל איבערצוגעבען די מעכאַנישע ענערגיע פון איין פּלאַץ צו דעם אַנדערען; אין קיין פאַל קען די מאַשין ניט בעשאַפען נייע ענערגיע אפילו דאַן, ווען אַ קליינע קראַפט קען בייקומען מיט דער הילף פון דער מאַשין ווי למשל מיט דער הילף פון די פּולים אַ פיעל

גרעסערע קראפט, הייסט דאס ווייט ניט, אז די פולים האבען בע־
שאפען נייע קראפט.

מיר האבען פריהער אין די קאפיטלען איבער פולים אגב אורחה
בעמערקט, אז די ארבייט פון דער קלענערער האנד־קראפט איז פונקט
די זעלבע ווי די ארבייט פון דעם גרעסערען געוויכט, אז מען זאל
נעהמען אין אנבעטראכט די רייבונגען צווישען די שטריקלעך און
די רעדלעך, און צווישען די פולים און זייערע אקסען, וועט אויס־
קומען אז די ארבייט פון דער קלענערער קראפט איז נאך גרעסער
ווי די ארבייט פון דעם גרעסערען געוויכט, מיר האבען דורך די
פולים בעוויזען, אז די קלענערע קראפט בעוועגט זיך דערפאר פיעל
גרעסערע שטרעקען ווי דער גרעסערער געוויכט.

דער ווארט ארבייט ווערט געברויכט אין מעכאניקע אין א בע־
שטימטען זין, עטוואס אנדערש פון דעם ווי ער ווערט געברויכט אין
אונזער געוויינליכער שפראכע. וואס מיר זאלען ניט טהאן, זאלאנג
מיר ווערען אין א קורצערער אדער א לענגערער צייט מיד, רופען מיר
דאס אן מיט'ן נאמען ארבייט. א לעהרער ארבייט, א זינגער אין
דער אפערא ארבייט, זיצען ביי דער קאסע איז אן ארבייט, לעזען
א בוך, האלטען רעדעס, האדעווען א קינד, טענדען א קראנקען —
אלעס הייסט ארבייט. ארבייט און מעכאניקע הייסט בלויז דאן
ווען די קראפט, ווירקענדיג אויף א געוויסען קערפער, האט געבראכט
צו דעם רעזולטאט, אז דער קערפער בעוועגט זיך אין א בעשטימ־
טער ריכטונג נאך דער ריכטונג פון דער קראפט. דער מעכאנישער
בעגריף פון ארבייט האט אין זיך צוויי הויפט עלעמענטען 1.) די
אקטיווע קראפט וואס זוכט צו בייקומען א ווידערשטאנד, א שטער
צו בעוועגונג. 2) די אקטיווע קראפט מוז בייקומען דעם ווידער־
שטאנד, און דער רעזולטאט מוז זיין א בעוועגונג פון דער זאך אין
א גלייכער ליניע, נאך דער ריכטונג פון דער אקטיווער קראפט. אויב
פון דער ווירקונג פון דער קראפט קומט ניט ארויס קיין בעוועגונג
זאגען מיר אין מעכאניקע אז קיין ארבייט איז ניט געטהאן געווא־
רען. די סטאלבעס וואס שפארען אונטער א שווערע געביידע, טהוען
קיינע ארבייט אין דעם מעכאנישען זין. א מענש וואס שטרענגט
זיך אן אויפצוהיובען א שטיין פון טויזענדער פונטען און ריהרט

איהם נים פון אַרט טהוט קיין ארבייט, ווי אַבגעמאַטערט ער זאָל נים ווערען פון דער אַנשטרענגונג. ווען א מענש הויבט אויף א שטיין פון דער ערד, אַדער ווען ער קלעטערט ארויף בארג, דאַס הייסט ער האָט זיך אליין, זיין אייגענעם געוויכט, אויפגעהויבען אין דער הויך, האָט ער אַבגעטהאַן א שטיק ארבייט, ער האָט בייגע־קומען דעם ווידערשטאַנד, וואָס דער געוויכט פון דעם שטיין אַדער דער געוויכט פון זיין אייגענעם קערפּער צייגט ארוים געגען די בע־וועגונג, און האָט זיי געמאַכט זיי זאָלען זיך בעוועגען אין א בע־שטימטער ריכטונג. ווען א פערד שלעפּט א וואַגען איבער א גלייך־כען וועג, האָט ער אַבגעטהאַן אַן ארבייט, ער האָט בייגעקומען די רייבונג צווישען דעם וואַגען און דער פלאַכע פון דער ערד וואָס שטערט די בעוועגונג, און האָט געמאַכט דעם וואַגען צו בעוועגען זיך אין א געוויסער ריכטונג.*

דער שטודיאום פון די פּולים האָט אונז בעוויזען אַז אין אַלע פאַלען, וואו די דאָזיגע איינפאַכע מאַשינען ווערען געברויכט, איז די ארבייט פון דער אקטיווער קראַפט אימער גלייך צו דער אר־בייט פון דעם געוויכט אַדער דעם ווידערשטאַנד וואָס די אקטיווע קראַפט זוכט צו בייקומען, וואו די רייבונג איז אונבעדייטענד, אַז מען קען דאָס ארויסלאָזען פון רעכענונג.

עהנליכע עקספּערימענטען מיט אַלע סאָרטען מאַשינען האָבען בעוויזען אַז איבעראַל, וואו די רייבונג איז אונבעדייטענד, האַלט

---

*) ווי אַזוי ארבייט ווערט געמאָסטען, איז שוין גערעדט געוואָרען אין דעם קאַפּיטעל וועגען פּולים. דער מאָס פון ארבייט איז דער כפל פון דעם גרויס פון דער קראַפט אויף די שטרעקע וואָס זי בעוועגט זיך. א קראַפט פון 100 פונט וואָס האָט זיך בעוועגט 100 פוס איז 100 מאָל 100 אָדער, מיר זאָגען, זי האָט אָבגעטהון אַן ארבייט פון צעהן טוי־זענד פוס־פונט. אין מעסטען דאמפף־מאַשינען ווערט אָפט געברויכט דער אויסדרוק אַזוי פיעל און אַזוי פיעל פערד־קראַפט. א פערד־קראַפט איז א קראַפט וואָס טהוט אָב 550 פוס־פונט אין אַ סעקונדע אָדער 33000 אין א מינוט. דאָס אי אויסגעפונען געוואָרען פון א גרויסע צאָהל פּראָבען מיט די בעסטע פערד אין ענגלאַנד.

אויס דער אלגעמיינער געזעץ: אדער דער אלגעמיינער פרינציפּ פון ארבייט דורך מאשינען, אין אלע סארטען פון מעכאניזמען איז די ארבייט פון דער קראפט אדער קראפטען וואס טרייבען די מעכא־ניזמען גלייך צו דער ארבייט וואס ווערט אבגעטאן דורך די מאשי־נען.

דעם פרינציפּ פון ארבייט האט ניוטאן אויסגעפונען און פאר־עפענטליכט אין דעם יאהר 1687, אלס א לאגישען שלוס פון זיין דריטען געזעץ פון בעוועגונג אין אלגעמיין. דעם פרינציפּ קען מען רעכענען פאר דעם וויכטיגסטען אין דער געשיכטע פון פיזיקע, און ספּעציאל אין דער לעהרע וועגען מאשינען קענען מיר מיט דער הילף פון דעם פרינציפּ פערשטעהן די בעדייטונג און פאראויסזעהן די ווירקונג פון יעדער מאשין. אזוי ווי דער כפל פון דער אקטיווער קראפט אויף די צאהל פוס וואס זי בעוועגט זיך מוז זיין גלייך צו דעם כפל פון דער ווידערשטאנד קראפט אויף די צאהל פוס וואס זי בעוועגט זיך, קומט אויס, אז ווען די טרייבענדע קראפט איז קלענער למשל פינף מאהל, ווי די קראפט פון דעם ווידערשטאנד, מוז זי זיך בעוועגען מיט א שנעלקייט 5 מאהל גרעסער ווי דער ווידערשטאנד אום דער כפל זאל אויסקומען גלייך, און פערקעהרט ווען די אקטיווע קראפט זאל זיין 5 מאל גרעסער, וועט זי זיך מוזען בעוועגען מיט א שנעלקייט 5 מאהל קלענער פון דעם ווידערשטאנד. פון דערפון קען מען זעהען אז מאשינען ווערען געברויכט אין 3 פאלען 1.) ווען מען וויל דורך א קליינע קראפט אויפהויבען א גרויסען געוויכט אדער בייקומען אנאנדער גרויסען ווידערשטאנד. אין דעם פאל זאגען מיר, אז די מאשין גיט אונז א מעכאנישען געווינס. אזוי ווי אין דעם פאל מוז די אקטיווע קראפט בעוועגען זיך מיט א גרעסערער שנעלקייט, דריקט מען אויס דעם מעכאנישען ווערטה פון דער מא־שין אזוי: אויף וויפיעל די מאשין געווינט אין קראפט, אויף אזוי פיעל פערליערט זי אין שנעלקייט. 2.) ווען מען וויל אז די ארבייט זאל געטהאן ווערען מיט א גרעסערער שנעלקייט, דאן מוז די אקטי־ווע קראפט זיין אזוי פיעל מאהל גרעסער ווי דער ווידערשטאנד. די מאשינען ווערען אנגערופען מאשינען מיט א מעכאנישען פערלוסט, אדער נאך דעם צווייטען אויסדרוק די מאשין געווינט אזוי פיעל מאהל אין שנעלקייט וויפיעל מאהל זי פערלירט אין קראפט. 3.)

ווען מיר ווילען בלויז אז די אקטיווע קראפט זאל ארבייטען אין איין ריכטונג, און די ארבייט זאל אויפגעטהאן ווערען אין אנאנדער ריכטונג, דאן איז די קראפט פון דערזעלבער גרויס ווי דער ווידערשטאנד און די מאשין העלפט נאר צו בעקומען די געווינשטע ריכטונג.

מיט דעם פרינציפ וועט אונז לייכטער זיין צו פערשטעהן די איבעריגע איינפאכע מאשינען.

די איינפאכע מאשינען זיינען 1) די ליווערס. 2) דער ראד און אקסעל. 3) געקארבטע רעדלעך. 4) די פולי. 5) די איינגעבויגענע פלאכע. 6) דער קלין. 7) דער שרויף. די ערשטע דריי שטאמען אלע פון די ליווערס, די לעצטע דריי שטאמען אלע פון דער איינגע־בויגענער פלאכע. און די פולים איז א קלאס פאר זיך. דא האבען מען מעהר צו טהאן מיט דעם פאקט, וואס די קראפט ווערט איבער־געגעבען דורך שטריקלעך, און איז געגרינדעט אויף דעם, וואס די שטריקעל ווערט אנגעצויגען דורך א קראפט אין אלע איהרע פונק־טען גלייך. די פולי האבען מיר שוין בעטראכט, פאר די איבעריגע 6 איינפאכע מאשינען וועט זיין נויטיג צו אבשטעלען זיך אביסעל לייגגער נאר אויף די ליווערס און אויף די איינגעבויגענע פלאכע, ווייל די אנדערע 4 שטאמען פון די 2.

זיבעטער קאפיטעל

ליווערס

א ליווער אין דער איינפאכסטע פארמע איז ניט מעהר, ווי א הארטער שטעקען וואס קען זיך ניט בויגען. צו קייקלען א שווער־ קלאץ האט דער מענש געברויכט הארטע לאנגע און פערשפיצטע שטעקענס מיט טויזענדער יאהרען צוריק, ניט האבענדיג קיין שטי־ קעל בעגריף ווי אזוי אט די איינפאכע מאשין, דער שטעקען אדער דער ליווער העלפט איהם דאס צו טהאן. פון ערפאהרונג האט ער דאס אויסגעפונען. א קלאץ וואס ער האט מיט זיינע אונבעוואפענ־ טע כחות בשום אופן ניט געקענט ריהרען פון ארט, איז איהם פער־ העלטנים מעסיג לייכט געווען צו קייקלען, ווען ער רוקט אונטער דעם שטעקען אונטער דער קלאץ, גראבט איין דעם שפיץ אין דער ערד און לייגט צו זיין קראפט אויפצוהייבען דעם אנדער עק פון דעם לאנגען שטעקען. ווען די קלאץ האט זיך אביסעל אבגעקייקעלט, מאכט ער דעמזעלבען קונץ מיט זיין איינפאכע מאשין, דעם שטעקען אדער ליווער, און קייקעלט זי אפ נאך ווייטער.

דארווין בריינגט ביישפיעלע פון חיות, וואס ברויכען מאנכע מאהל געצייג, אין דעם דריטען קאפיטעל פון זיין בוך „די אבשטא־ מונג פון דעם מענשען“, זייטע 115 דערצעהלט דארווין, „איינע א מאלפע האט מען אויסגעלערענט צו עפענען די דעקע פון א גרויסען קאסטען מיט א שטעקען און נאכדעם פלעגט זי אפט ברויכען א שטע־ קען ווי א ליווער צו בעוועגען שווערע זאכען, איך האב אליין געזעהן, ווי א יונגער אראנג (א מין מאלפע) האט ארייגעשפארט א שטעקען אין א שפאלט , האט זיך גענומען פאר דעם אנדערען עק פון׳ם שטעקען און האט ריכטיג געארבייט מיט דעם שטעקען ווי מיט א ליווער“ עס איז גאנץ וואהרשיינליך אז א ליווער און א שטריק גע־ הערען צו גאר די עלטסטע מעכאנישע ערפינדונגען פון מענשען. אין א פעריאדע געווים ניט ווייניגער פון 12 ביז 15. טויזענד יאהר האט דער מענש דורך זיינע איינפאכע אינסטיקטיווע בעקאנטשאפט

מיט די נאטור קרעפטען און נאטור פראצעסען אנגעקליבען א גרויסע סומע פון וויסען, ווי צו פערלייכטערען זיין ארבייט מיט פערשיידענע געציינ, און בעזאנדערס די געצייג צו שניידען און מאלען. עס האבען זיך ענטוויקעלט פאך־לייטע, מעכאניקער, שמידען, א. ז. וו. פילייכט ניט ווענינער ווי 8 ביז 10 טויזענד יאהר צוריק. האמער, דער אלטער, בלינדער פאלקס דיכטער פון גריכענלאנד, בעשרייבט אין זיין בוך „איליאדא“ א פארטרעפליכען שאפ פון דעם געטליכען שמיד, ווי ער ארבייט פליסיג מיט 20 בלאז־זאקען, ווי ער רעגולירט זיי נאך דער פאדערונג פון דער ארבייט, ווי ער לייגט אין פייער בראנזע און צין, און די טייערע מעטאלען גאלד און זילבער, ווי ער שטעהט מיט די צוואנגען אין האנד, און ארבייט מיט'ן שווערען האמער אויף דער קאוואדלע, א. ז. וו. דאס איז 3000 יאהר צוריק. צו איבערגעבען די אנגעקליבענע ערפאהרונגען פון די פאכלייטע און צו לערנען די יונגע דורות זייער קונסט אין פערפיינערען די ארבייט אפאראטען, האבען זיי געמוזט צוזאמענקלייבען די ערפאהרונגען אין א סיסטעמאטישען וועג, און פארמולירען און פעסטשטעלען רעגעלען פון זייער קונסט ארבייט. דאס איז נאך אלץ גאנץ ווייט פון מעכאנישע וויסענשאפטליכע טהעאריען, די ענטוויקלונג פון דער וויסענשאפט איז געוועזען א זעהר לאנגזאמער פראצעס, אלס וויסענשאפט האט זי זיך אנגעפאנגען ביי די אלטע גריכען. קיין שנעלע ענטוויקלונג פון מעכאניקע האט ניט געקאנט זיין אפילו אין גריכענלאנד, ווייל זי איז אויך געוועזן, ווי אלע אלטע ציוויליזאציאנען פון דער אלטערטום, א שקלאפען ציוויליזאציאן. אין די גלענצענדע צייטען פון איהר געשיכטע האבען זיך אין אפיני, דער הויפטשטאדט פון גריכישער ציוויליזאציאן, געפונען 20 שקלאפען אויף יעדען פרייען בירגער, אלע קלאסען וואלטען אין גריכענלאנד מיט שרעק בעגעגענט דעם געדאנקען פון אנווענדען אנשטאט שקלאפען — נאטור־קראפט און מאשינען, זיי וואלטען אין דעם דערזעהען אן אנפאנג פון א סאציאלע רעוואלוציאן. ערפינדער האבען ניט געקענט ערווארטען קיינע בעלאהנונגען פאר זייערע ערפינדונגען.

ארכימעדען, רעכענט מען געוועהנליך אלס דעם ערשטען גרינדער פון א וויסענשאפטליכער מעכאניקע. ער האט דער ערשטער

טעאָרעטיש בעגרינדעט דעם געזעץ פון ליוועדס. ווענען איהם ווערט דערצעהלט אין געשיכטע, אז ער האָט זיך מיט התפעלות אויסגע־דריקט „גיט מיר א שפּאָרונג פּונקט פאר מיין ליוועד, און איך וועל אויפהייבען די גאנצע וועלט, די ערד מיט אלעמען". זיין געזעץ פון ליוועדס איז טאקע א ריכטיגער, אבער זיין בעגרינדונג האָט גאָר נים צו טהאָן מיט דער וויסענשאפט פון מעכאניקע ווי מיר פער־שטעהען דאָס היינט, די וויסענשאַפט פון בעוועגונג, וואָס האָט זיך אנגעפאנגען מיט אַן ערך פון 300 יאָהר צוריק און האָט זיך שנעל ענטוויקעלט פון ניוטאָן'ען ביז היינט. ארכימעד איז געווען דער גרעסטער מאטהעמאטהיקער פון אלטערטהום. א זון פון א גריכישען אסטראָנאָם, האָט געקראָגען א טיכטיגע בילדונג נאָך יענע צייטען נאָך אין די שולען פון אלעקסאנדריע, און האָט פערבראכט זיין לעבען אין דער שטאָדט סיראקוזי אין סיציליען אין שטודירען מאַ־טעמאטיק און מעכאניקע, און 75 יאָהר אַלט איז ער געפאַלען פון דער האנד פון א רוימישען סאָלדאט. די געשיכטע וואָס דער־צעהלט אזוי פיעל אנעקדאָטען ווענען דעם מערקווירדיגען געניע, דערצעהלט אזא אנעקדאָט ווענען זיין טוידט. דער רוימישער גע־נעראַל נאָך דעם ווי ער האָט איינגענומען די שטאָדט סיראקוזי, וועלכע ארכימעד האָט מאָנאַטען לאנג פערטיידיגט מיט זיינע קונ־ציגע מאשינען, האָט ארויסגעגעבען א בעפעהל זיינע סאָלדאַטען, זיי מעגען אויסשלאכטען אַלע איינוואָהנער אויסער ארכימעדען; ווען א רוימישער סאָלדאט איז אריינגעקומען צו ארכימעד'ען, האָט ער איהם געפונען בעשעפטיגט מיט מאכען רעדעלעך אין זאמד, און אויף דעם סאָלדאט'ס פראגע ווענען זיין נאָמען האָט איהם ארכימעד געענטפערט „ריהר נים אָן מיינע רעדלעך" און דער סאָלדאט האָט איהם גלייך גע'הרג'עט. דאָס האָט פּאסירט אין דעם יאָהר 212 פאר דער קריסטליכער צייט רעכענונג דאָס איז איבער 2100 יאָהר צוריק.

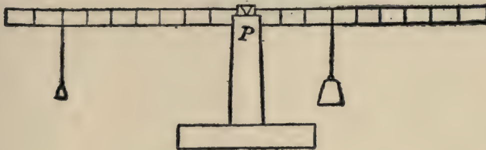
פון די 10 פערבליבענע ביכער זיינען איינינע אין דעם אָריגי־נאַל אין גריכיש, אנדערע אין לאטיינישע און אראבישע איבערזע־צונגען. אנדערע רעכענען אז 9 אָדער 10 ווערקע זיינען פערלאָרען געגאנגען.

פון די פערלארענע ביכער רעכענט מען 4 ביכער וואס האבען געהאט א שיכות מיט מעכאניקע (1) א בוך וועגען וואגשאלען און ליי־וועדס, א בוך וועגען דעם געוויכט־צענטער, א בוך וועגען א שרויף וואס טראגט ביז יעצט זיין נאמען „ארכימעדע׳ס ענדלאזער שרויף“ און וועגען רעדער מיט אקסלען.

פערבליבען זיינען דא 2 בענדער, וועלכע בילדען דעם פונדא־מענט פון זיינע מעכאנישע טעאריען. קיינע מעכאנישע געזעצען פון בעוועגונג געפינט איהר ביי איהם ניט, קיינע בעגריפען וועגען ארבייט, קראפט, ענערגיע, אינערציע, מאסע, געשווינדקייט פון בעוועגונג זיינען דא ניטא. דעם ליוועד בעטראכט ער ניט אלס א מאשין, ער האט אויסגעפונען ריכטיג דעם געזעץ ווי אזוי עס באַ־לאנסירען פערשידענע געוויכטען וועלכע הייגנען אויף א ליוועד, זיי־נע בעווייזע זיינען ריין געאמעטרישע, די באלאנסירונג זעלבסט פון געוויכטען אויף׳ן ליוועד בעהאנדעלט ער ניט אלס א פראגע פון אר־בייט, נאר אלס א פראגע וואו עס געפינט זיך דער צענטער אדער דער שווערפונקט פון די באלאנסירענדע זאכען. פאר די וואס זיי־נען בעקאנט מיט געאמעטריע וואלט געווען אינטערעסאנט צו בריינ־גען זיינע אריגינעלע בעווייזע פון דעם געזעץ פון ליוועדס. ער רעדט נאר איינענטליך ניט וועגען ליוועד זעלבסט. אין היינטיגע ביכער פון פיזיקע, אין די קאפיטלען ווי אויסצוגעפינען דעם געוויכט־צענ־טער פון פערשיידענע זאכען, ווערען געברויכט זיינע מעטאדען און זיינע ערקלערונגען, אבער וועגען ליוועדס און אנדערע מאשינען קע־נען מיר פון זיינע ארבייטען ניט מאכען קיין געברויך, ווארים איי־גענטליך איז ער גאר ניט דער גרינדער, אפילו ניט דער אנפאנגער פון מעכאניקע, וועלכע וויסענשאפט, ווי פריהער אנגעצייגט, איז די וויסענשאפט פון בעוועגונג, און וועגען די געזעצען פון בעווע־גונג, געפינען מיר ביי איהם אפילו די ערשטע שפורען אויך ניט.

עס וואלט דאך געווען אן אנרעכט צו ריידען וועגען ליוועדס און ניט אבשטעלען זיך אויף ארכימעדען. יעצט קענען מיר אריבער־געהען צו בעטראכטען די ליוועדס, ווי מעכאניקע ערקלערט זיי היינט.

פיגור 14



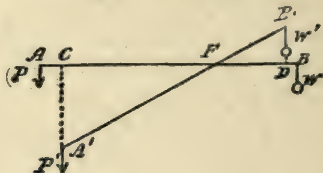
דער איינפאכער ליווער

א ליווער (פיג. 14) איז א הארטער און בויגזאמער שטאנג, וועלכער קען זיך פריי בעוועגען ארום א וועלכען עס איז פונקט P דער פונקט P הייסט דער אנשפארונג־פונקט. דער שטאנג איז איינגעטיילט אין גלייכע טיילען, ווי איהר זעהט פון די ליניעס אין דער פיגור. לאמיר זאגען ער איז איין פוס און א האלב לאנג און איז איינגעטיילט פינקטליך אין 18 אינטשעס. עס איז בעזארגט אז די רייבונג צווישען דעם שטאנג און דעם אנשפארונג פונקט P זאל זיין קליין ווי מעגליך. מיר נעהמען אויך ניט אין אנבעטראכט דעם געוויכט פון דער שטאנג זעלבסט. יעצט הייננט אויף אויף א פאדים 3 פונט 2 אינטשעס רעכטס פון דעם אנשפארונג פונקט. זוכט אויס א פונקט לינקס, וואו איהר קענט אויפהענגען איין פונט, און דער שטאנג זאל בלייבען רוהיג, דאס הייסט געפינט א פונקט לינקס וואו איין פונט זאל אויפהאלטען די 3 פונט רעכטס, וועט איהר אויסגעפינען אז דער פונקט מוז זיין פינקטליך 6 אינטשעס לינקס פון דעם אנשפארונג פונקט. כפל'ט די 3 פונט אויף איהר שטרעקע פון דעם אנשפארונג פונקט, קריגט איהר די צאהל 2 מאל 3 — 6; כפל'ט דאס זעלבע דעם איין פונט לינקס אויף זיין שטרעקע בעקומט איהר אויך פינקטליך 1 מאל 6 — 6; פרובירט אנשטאט איין פונט אויפהייננען 2 פונט לינקס, וועט איהר אויס־געפינען, אז די שטרעקע יעצט פון דעם אנשפארונג פונקט לינקס איז גראדע 3 אינטשעס; ווייטער צייגט זיך ארויס אז דער כפל פון די 2 פונט אויף 3 איז 6; נעהמט אנדערטהאלבען פונט, וועט דער פונקט לינקס זיין 4 אינטשעס פון דעם אנשפארונג פונקט. און דער כפל פון די אנדערטהאלבען פונט אויף 4 איז ווייטער 6. ווי־פיעל עקספערימענטען איהר זאלט ניט מאכען, וועלכע געוויכטען

איהר זאָלט ניט נעהמען און אויפהייננען זיי אויף די פערשיידענס־טע פונקטען פון דעם ליוועֶר רעכטס און לינקס פון פונקט **P** וועט איהר אויסגעפינען, אז דער כפל פון דעם געוויכטס רעכטס אויף זיין ווייטקייט פון דעם פונקט **P** איז גלייך צו דעם כפל פון דער אק־טיווער קראַפט לינקס אויף איהר ווייטקייט פון'ם פונקט **P** • די ווייטקייטען פון דעם אנשפּארונג־פונקט רופט מען די אַרעמס פון דעם ליוועֶר, און דער כפל פון דער קראַפט אויף זיין אַרעם, רופט זיך דער מאָמענט פון דער קראַפט.

קורץ אויסגעדריקט וועט דער געזעץ פון ליוועֶר לויטען אזוי „דער מאָמענט פון דעם געוויכט מוז זיין גלייך צו דעם מאָמענט פון דער אקטיווער קראַפט". דאָס איז ווען די צוויי קראַפטען באַלאַנ־סירען איינע די אנדערע און דער ליוועֶר בעוועגט זיך ניט. ווען מען זאָל צולעגען דעם מינדעסטען געוויכט לינקס צו דער אקטיווער קראַפט וועט זיך דער ליוועֶר אָנהויבען צו בעוועגען, דער לינקער אַרעם מיט זיין געוויכט וועט זיך אַרונטערלאָזען, און דער געוויכט רעכטס מיט'ן רעכטען ליוועֶר־אַרעם וועט זיך אויפהויבען. (פיגור

פיגור 15



15) דער ליוועֶר **AB** געפינט זיך יעצט אין **A, B,** די אק־טיווע קראַפט **P** געפינט זיך יעצט אין **A'** און דער געוויכט **W** געפינט זיך אין **B** די קראַפט **P'** האָט דעם לייננערען אַרעם פון דער ליוועֶר, וועלכער האָט דעם אנשפּארונג פונקט אין **F** און דער געוויכט **W** האָט דעם קלענערען אַרעם. יעצט ווען דער ליוועֶר בעוועגט זיך אַרבייטען ביידע קראַפטען, קוקט זיך צו צו די שטרעקען וואָס די קראַפטען האָבען דורכגעמאכט אין זייער בע־וועגונג, וועט איהר לייכט זעהען אז די אקטיווע קראַפט **P** האָט זיך בעוועגט אַדער ערווייטערט פון זיין פריהערדיגער לאַגע אויף די

געפינטעלטע ליניע A'C, וועלכע איז פיעל גרעסער ווי די W שטרעקע B'D וואס דער געוויכט W האט געמאכט. דער וואס ווייס אביסעל געאמעטריע קען לייכט בעווייזען אז די פראפארציע צווישען די דאזיגע שטרעקען איז גראדע דיזעלבע ווי די פראפארציע צווישען די ליווער ארעמס. אויב דער ליווער ארעם A'F פון דער אקטיווער קראפט P איז למשל 3 מאל גרעסער ווי דער ארם FB, פון W, וועט די שטרעקע A'C פון דער קראפט P אויך זיין 3 מאל גרעסער פון דער שטרעקע B'D פון דעם גע־וויכט W.

דאס בעווייזט ווייטער ווי ריכטיג עס איז דער פרינציפ פון ארביים. אויב די קראפט P איז 3 מאל קלענער פון W איז דערפאר די שטרעקע פון זיין בעוועגונג 3 מאל גרעסער ווי די שטרע־קע פון W, און די ארבייט וואס איז אריינגעלעגט אין דער מאשין ביי P איז פונקט דיזעלבע ווי די ארבייט פון דעם געוויכט W וועלכען P האט בייגעקומען און אויפגעהויבען אין דער הויך.

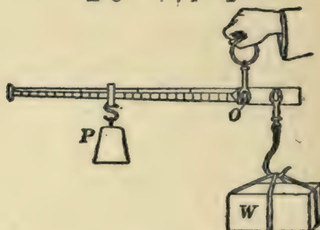
אויב א קראפט פון א פונט קען דורך דעם גרעסערען ארעם אויפהויבען א געוויכט פון 3 פונט, וועט דער פונט קראפט בעווע־גען זיך אויף א שטרעקע 3 מאל גרעסער ווי דער 3 פונטיגער גע־וויכט, און זייערעביידע ארבייטען וועט אויסקומען גלייך. דערמיט וואס איהר האט געוואונען אין קראפט 3 מאל האט איהר פערלארען אין געשווינדקייט 3 מאל. זאל פערקעהרט דער געוויכט הייגנען אויף דעם לאנגערען ליווער ארעם, וואלט איהר געדארפט אנווענדען אויפ'ן קורצערען ארעם 3 פונט קראפט פאר יעדען פונט פון'ם געוויכט, איהר פערלירט 3 מאל אין קראפט, דערפאר וואלט זיך דער געוויכט בעוועגען 3 מאל שנעלער פון אייער אקטיווער קראפט.

אכטער קאפיטעל

די דריי קלאסען ליווערס.

די ערשטע קלאסע ליווערס זיינען אזעלכע וואס זייער אנשפאַ־רונג־פונקט ליגט צווישען דעם געוויכט און דער אקטיווער קראפט. געוועהנליכע וואגשאלען איז דער איינפאכסטער ביישפיעל פון אזא ליווער, זיינעביידע ארעמס מוזען זיין גלייך. א מאל פלעגט מען אפט ברויכען אויף אבצואוועגען זאכען אן איינפאכערען אינסטרו־מענט וואו דער פרינציפ פון א ליווער מיט ניט גלייכע ארעמס ווערט אנגעווענדעט. אין רוסלאנד האט ער געהייסען בעזמען (פיג. 16)

פיגור 16

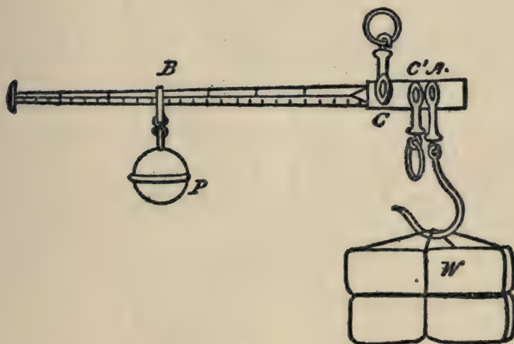


דער בעזמען

דעם אינסטרומענט איז לייכטער צו טראגען מיט זיך, און רייזענדע קויפלייטע פלעגען זיך מיט איהם פיעל בענוצען, אויסער דעם ברויכט מען ניט צו האבען פיעלע געוויכטען מיט זיך. דער אנשפאַ־רונג פונקט איז ביי דער הענטעל O, וועלכע איז גאנץ נאהענט פון דעם רעכטען עק פון דעם אייזערנעם אדער קופערנעם ליווער. די זאך וואס מען דארף אבוועגען הייננט מען אויף דעם קורצען ארעם. און רוקענדיג דעם געוויכט P, קען מען מיט דעמזעלבען לייכטען געוויכט אבוועגען גאנץ שווערע זאכען. די צייכענונגען אויף דעם אינסטרומענט צייגען וויפיעל פונט דער געוויכט P באלאנסירט ווען ער דערגרייכט די פערשיידענע פונקטען. לאמיר אננעהמען ווען P וואס ווענט איין פונט שטעהט ביי דעם ערשטען פונקט גראדע

אזוי ווייט פון דער הענטעל O לינקס, ווי דער קרוק אויף וועלכען מען הייננט אן די זאכען צום וועגען איז ערווייטערט פון איהר רעכטס, דאן אזוי ווי ער איז א ליוועך פון גלייכע ארעמס, וועט איהר P באלאנסירען איין פונט און דער W וועגט דאן א פונט, אויף דער צווייטער צייכנונג האט דער פונט P לינקס א ארעם 2 מאל גרעסער, וועט ער באלאנסירען 2 פונט און די זאך W זאַ־נען מיר וועגט 2 פונט, א. ז. וו.

17 פיגור



א דאפעלטער בעזמען

א שטיקעל פערבעסערונג אין דעם אינסטרומענט קענט איהר זעהען אין (פיג. 17). דער שטאנג האט אויף זיך צייכנונגען פון ביידע זייטען אי פון אויבען אי פון אונטען. ער האט אויף 2 הענטלעך פון אויבען און פון אונטען. די אונטערשטע הענטעל איז גאר נאהענט פון דעם קרוק אויף וועלכען מען הייננט די זאכען צום אבוועגען. דא האט איהר אין איינעם 2 אזעלכע אינסטרומענטען. איהר וועגט אויף איהם ווי פריהער. ברויכט מען צו וועגען גאר שווערע זאכען, קעהרט איהם איבער אויף דער אנדער זייט און איהר מאכט דעם רעכטען ארעם מיט דעם, וואס די הענטעל איז אזוי נאהענט צום קרוק, פיעל קירצער, און איהר האט א נייעם אינסטרומענט מיט נייע צייכנונגען

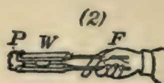
און איהר קענט מיט דעמזעלבען געוויכט ווענען פיעל מאל שווע־רערע זאכען ווי פריהער.

אין דער ערשטער קלאסע ליווערס האבען די 2 קראפטען, די אקטיווע און די וואס מען וויל בייקומען, געווירקט אויףביידע זייטען פון דעם אנשפארונג פונקט, איינע רעכטס און איינע לינקס. די ארעמס פון די קראפטען האבען געקענט געמאכט ווערען ביידע גלייך אזוי ווי אין די געוועהנליכע וואגשאלען און דאן האבען מיר קיין מעכאנישען געווינס און קיין מעכאנישען פערלוסט, די ביידע קראפטען זיינען דאן גלייך; מיר האבען געקענט מאכען דעם ליווער ארעם פון דער אקטיווער קראפט פיעל מאל לענגער ווי דעם ארעם פון דעם געוויכט W און דאן האבען מיר א מעכאנישען געווינס אויף אזוי פיעל מאל, וויפיעל מאל דער ארעם פון דער אקטיווער קראפט איז לענגער פון דעם קורצען ארעם פון W; און צו דערזעלבער צייט האבען מיר געמוזט האבען א פערלוסט אין געשווינדקייט פינקטליך אויף אזוי פיעל מאל וויפיעל מאל מיר האבען געוואונען אין קראפט, און פערקעהרט. מיר האבען געקענט מאכען דעם ליווער ארעם פון דעם געוויכט W לענגער און דעם אנדערען ארעם פון דער אקטיווער קראפט קורצער, דאן האבען מיר א מעכאנישען פער־לוסט: אויב דער קראפט ארעם אויפ'ן ליווער זאל זיין 3 מאל קיר־צער פון דעם געוויכט ארעם וועט מען מוזען אנווענדען א קראפט פון דריי פונט אויפצוהויבען איין פונט פון דעם געוויכט און צו דערזעלבער צייט ווי גרויס עס איז דער מעכאנישער פערלוסט אזוי גרויס איז דער געווינס אין געשווינדקייט: די 3 פונט הויבענדיג דעם פונט, וועלען מאכען דעם איין פונט פון'ם געוויכט W צו בעוועגען זיך דריי פוס הויך, ווערענד די 3 פונט וועלען זיך ארונ־טערלאזען נאר איין פוס. אין די ליווערס פון דער צווייטער און דריטער קלאסע געפינען זיך ביידע קראפטען אויף איין זייט פון דעם אנשפארונג־פונקט, אויך אין זיי קענען די ארעמס ניט זיין גלייכע, איינע מוז דאך זיין נעהענטער צום אנשפארונג־פונקט ווי די אנדערע, ווי באלד זיי זיינען ביידע אויף איין זייט פון איהם, און דערפאר מוז אדער די אקטיווע קראפט האבען דעם לענגערען ארעם, און דאן רופט מען עס א ליווער פון צווייטער קלאסע, אדער דער געוויכט W האט דעם לענגערען ארעם און דאן רופט מען

עס א ליוועך פון דריטע קלאסע. אין די טעקסט־ביכער איבער מע־כאניקע ווערט געוועהנליך געמאכט דער אונטערשייד צווישען די ליווערס פון דער צווייטער קלאס און די ליווערס פון דער דריטער קלאס אז אין דער צווייטער קלאסע ליווערס איז דער געוויכט W צווישען דער אקטיווער קראפט און דעם אנשפארונג פונקט און אין דער דריטער קלאסע איז די אקטיווע קראפט צווישען דעם געוויכט און דעם אנשפארונג־פונקט; עס איז דאסזעלבע וואס איז געזאגט געווארען אין מיין ערקלערונג, וועלכע העלפט גלייך צו פערשטעהען דעם מעכאנישען ווערטה פון דיביידע קלאסען ליווערס. די צווייטע קלאסע וואס האט דעם ארעם פון דער אקטיווער קראפט לענגער, גיט אימער א מעכאנישען געווינס און א פערלוסט אין שנעלקייט, די דריטע קלאסע ליווערס, וואס האבען דעם ארעם פון דעם געוויכט א לענגערען גיבען אימער א מעכאנישען פערלוסט און א געווינס אין שנעלקייט.

דער גראבער שטעקען וועלכען אפילו דער ווילדער מענש האט געברויכט צו קייקלען קלעצער, וועגען וועלכען מיר האבען אנגע־צייגט אין אנפאנג פון דעם קאפיטעל איבער ליווערס, איז א ליווער פון דער צווייטער קלאסע. דער פערשפיצטער עק וואס ווערט איינ־געגראבען אין דער ערד אונטער׳ן קלאץ איז זיין אנשפרונג פונקט. דער געוויכט P פון דעם קלאץ וואס דער מענש וויל בייקומען האט א גאנץ קורצען ארעם, ער דריקט זעהר נאהענט פון דעם אנ־שפארונג פונקט, די אקטיווע קראפט די האנד האט די לענג פון דעם גאנצען שטעקען פאר איהר ארעם. אויב די ליינג פון דעם גאנצען דראנג איז אפילו ניט מעהר ווי 10 מאל אזוי פיעל ווי דער קורצער ארעם פון דער קלאץ, קען די האנד מיט א קראפט פון 100 פונט הויבען א געוויכט פון 10 מאל 100 אדער 1000 פונט, א מעכא־נישער געווינס פון 10 מאל, און דערפאר פערלירען מיר אין שנעל־קייט; פאר יעדען פוס וואס די האנד הויבט זיך וועט די קלאץ הויבען זיך איין צעהנטייל פון א פוס. א נוס־קרעקער (פיג. 18)

פיגור 18



ניס־קרעקער

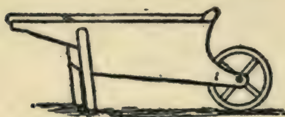
איז אויך אזא ליווער. P דער אנשפארונג־פונקט איז ביים ענדע פון דעם נוס־קרעקער וואו ער שליסט זיך צוזאמען. W דער נוס וואס מען דארף בייקומען ליגט נאהענט צו P און ער האט דעם קורצען ארעם. די האנד F. די אקטיווע קראפט האט דעם לאנ־גען ארעם פון דעם ליווער, און דער מעכאנישער געווינס איז אזוי גרויס וויפיעל דער האנד ארעם איז גרעסער פון דעם נוס ארעם.

פיגור 19



א טאשקע פאר שווערע משאות

פיגור 20



א גערטנערס טאטשקע

א טאטשקע איז אויך א מין ליווער פון דער צווייטער קלאס. (פיג. 19) (פיג 20). דער אנשפארונג פונקט איז אין דער אקס ביים רעכטען עק פון דער טאטשקע. דער רעדעל איז ארויפגעזעצט אויף דער אקס צו פערקלענערען די רייבונג. דער געוויכט איז די מאסע אין דער טאטשקע. און די אקטיווע קראפט פון דעם וואס ארבייט ווערט צוגעלעגט צו די הענטלעך פון דער טאטשקע אין פראנט.

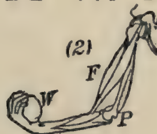
ווען די מאסע איז א שווערע ווי ציגעל, שטיינער, אייזען זעהט דער ארבייטער צו פעררוקען די מאסע צום ווענטעל לעבען דער אקס, ווייל וואס נאהענטער די שווערע מאסע איז צו דער אקס, אלץ קירצער איז דער געוויכט ארעם און אלץ גרעסער וועט זיין דער מע־כאנישער געווינס. קוקט זיך צו צו די צוויי טאטשקעס, וועט איהר זעהען ווי פערשיידען זיי זיינען געבויט. פיג. 20 איז א וועגעלע פאר פיהרען לייכטע זאכען. ער ווערט געברויכט אין פארקס, אין גאר־

טענס צו פיהרען גראז, בלומען א. ז. וו. די שווערקייט פון די זאכען שפיעלט דא קיין ראליע ניט. דער קאסטען פון'ם וואגען איז ניט אנגערוקט אויף'ן אקס. עס איז ניט נויטיג צו מאכען דעם געוויכט ארעם אזוי קורץ ווי מעגליך. די לייכסטע זאכען פילען אן דעם קאס־טען, די הענטלעך זיינען קורצע, ווייל מען ברויכט ניט צו מאכען דעם ארעם פון דער אקטיווער קראפט אזוי לאנג, גאנץ אנדערש איז דער פאל פון דער טאטשקע (פיג. 19), וואס ווערט געברויכט צו פיהרען די שווערסטע זאכען, אום צו מאכען דעם מעכאנישען גע־ווינס וואס גרעסער, מוז מען זעהען צו האבען וואס לענגער דעם קראפט ארעם און וואס קורצער דעם געוויכט ארעם. דערפאר זיינען די הענטלעך אין דער טאטשקע לאנגע, דער קאסטען פון'ם וואגען איז ארויפגערוקט איבער'ן אקס, אויך איז דער טייל פון'ם קאסטען איבער'ן אקס טיעפער, כדי מען זאל קענען די שווערע מאסע צורו־קען נעהענטער צו דער ווענטעל און מאכען דעם געוויכט ארעם וואס קורצער. וואס נעהענטער די שטיינער ווערען ליגען צו דער אקס, אלץ לייכטער וועט דאס זיין דעם ארבייטער צו שלעפען די טאטש־קע.

דער בעסטער ביישפיעל פון א דריטע קלאסע ליווער איז די צוואנגעל אנצונעהמען א שטיקעל צוקער. דא ברויכט מען ניט צו זארגען פאר א מעכאנישען געווינס. דער אנשפארונג פונקט איז דא אין דעם אויבערשטען עק, דער אנדער עק איז דער וואס פערכאפט דעם שטיקעל צוקער, די גאנצע לענג פון דעם צוקער־צוואנגעל איז דא דער געוויכט ארעם, און די אקטיווע קראפט, די האנד, ווערט צו־געלעגט אין מיטען פון דער צוויינגעל.

נאך א ביישפיעל פון אזא ליווער איז דער מעכאנישער געבוי פון אונזער האנד אליין. (פיג. 21). דער אנשפארונג־פונקט P איז

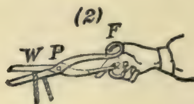
פיגור 21



אונזער ארים אלס ליווער

דער עעלנבויגען. דער געוויכט W ליגט אין דער האנד און דער מוסקול F. וואס מאכט די האנד מיט דעם געוויכט צו הויבען זיך, איז צוגעבונדען ניט ווייט פון P. דא איז דער געוויכט ארעם פיעל לענגער פון דעם קראפט־ארעם. מיר פערלירען אין מעכאנישער קראפט. אום צו הויבען איין פונט מוז זיך דער מוסקול אנשטרענגען פיעל מאל מעהר ווי איין פונט, דערפאר געווינען מיר אין שנעל־קייט, דער מוסקול F בעוועגט זיך אן אונבעדייטענדע שטרעקע און דער געוויכט W מיט דער האנד בעוועגען אזוי פיעל מאל שנעלער ווי פיעל מאל דער געוויכט־ארעם פון דער האנד ביז'ן עלענבויגען איז גרעסער פון דעם קורצען קראפט־ארעם פון עלענ־בויגען ביז דעם עק פון דעם מוסקול F.

פיגור 22



א שערל

א געוועהנליכע שער (פיג. 22) איז א דאפעלטער ליוועד פון דער ערשטער קלאסע. דער אנשפארונג־פונקט איז P דער שרייפעל וואס שליסט ביידע טיילען פון דער שער. און די טקטיווע קראפט, די האנד, ארבייט אויף איין זייט פון W.P די זאך וואס מיר ווילען צושניידען איז אויף דער אנדער זייט פון P דארף מען שניידען א לייכטע זאך ווי פאפיער, לייכטע פאבריק־שטאפען, קען מען מאכען דעם געוויכט ארם פון W ביז P פיעל לייגנער פון דעם קראפט־ארם PF, און דאן וועלען מיר געווינען אין שנעלקייט, דארף מען אבער שניידען שווערע זאכען ווי אייזען, צין א. ז. וו. מאכט מען דעם ארם WP קורץ ווי מעגליך און דאן געווינען מיר אין קראפט.

אמאל קען איין אדער דערזעלבער אינסטרומענט ווערען פון איין סארט ליוועד א צווייטער סארט. דער שטעקען מיט וועלכען מיר קייקלען קלעצער, האבען מיר געזאגט, איז א ליוועד פון דער צווייטער קלאסע, ווען דער פערשפיצטער עק ווערט איינגעגראבען אין דער

ערד. ווען די קלעצער ליגען איינע אויף די אנדערע און איהר שפּארט אריין דעם שטעקען צווישען זיי, און איהר זוכט אראבצו־קייקלען דעם אויבערשטען קלאָץ פון דעם אונטערשטען, ברויכט איהר רעמזועלבען שטעקען ווי א ליוועך פון דער ערשטער קלאסע. דער אנשפּארונג־פּונקט איז אויפ'ן אונטערשטען קלאָץ, און דער געוויכט די אויבערשטע קלאָץ ווירקט אויף איין עק פון דעם שטע־קען און אייער האנד ווירקט אויפ'ן אנדערען עק, און דריקט איהם ארונטער, כדי אויפצוהויבען אביסעל דעם אויבערשטען קלאָץ און אראבקייקלען איהם. דאָס זעלבע ווען איהר ברויכט אַן אייזערנעם שטאַנג אויפצורייסען די דעק פון א קאסטען. דער אנשפּארונג פּונקט בייט זיך, און דער שטאנג ווערט אַט אַן ערשטע קלאסע אין אַט א צווייטע קלאסע ליוועך.

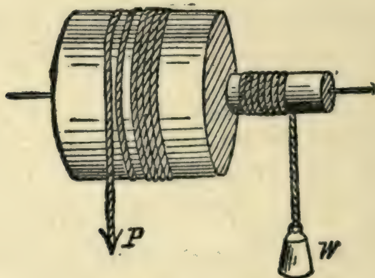
א צוואנג ארויסצורייסען נעגעל איז אַ ערשטע קלאסע ליוועך ווען איהר פערכאפּט מיט איהם דעם נאָגעל, דאַן איז ער גלייך ווי אַ שער, אַ ערשטע קלאסע ליוועך. ווען דער נאָגעל איז שוין פערכאפּט און איהר שפּארט אַן דעם צוואנג אַן דער פּאדלאגע אָדער אַן וואנט אום ארויסצורייסען דעם נאָגעל פון דעם האָלץ, ווערט דער צוואנג אַ צווייטע קלאסע ליוועך.

ניינטער קאַפּיטעל

אַ ראָד מיט אַן אַקסעל.

די גלייכע ליוועס ווערען ווייניגער געברויכט ווי די ליוועס, וואָס האָבען די פאָרמע פון צילינדרען אָדער רעדער. אַ גלייכער ליווער האָט זעהר אַ בעשרענקטע בעוועגונג. זיינע עקען בעוועגען זיך נאָר ארויף און אראָב און אויך נאָר ביז אַ זעהר קליינעם גראַד. אָפט גליטשט זיך דער ליווער אראָב פון זיין אנשפּארונג פּונקט. די אַלע פעהלערן זיינען נישטאָ אין די סאָרטען ליוועס וואָס הייסען אין מעכאַניקע „ראָד און אקסעל". דער צילינדער אָדער דער ראָד וואָס איז ארויפגעזעצט אויף א פעסטע אקס, וועט שיון פון זיין אנשפּאַרונג־פּונקט ניט קענען אראָבגליטשען זיך. (פיג, 23) ציינט די איינ־פאַכסטע פאָרמע פון אזא מאַשין. זי בעשטעהט פון 2 צילינדערען פון פערשיעדענע גרויס. ביידע פון איין שטיק, און ביידע דרעהען זיך ארום איין אקס. דאָס איז דער דינער שטיק אייזען, וועלכען איהר זעהט ארויסשטאַרצען פון׳ם צענטער פון ביידע צילינדרען. דער גרוי־סער צילינדער הייסט דער ראָד, און דער קלענער הייסט די אקסעל. ארום דעם ראָד איז ארומגעדרעהט אַ שטריק, אויך איז אויף דעם אַק־

פיגור 23

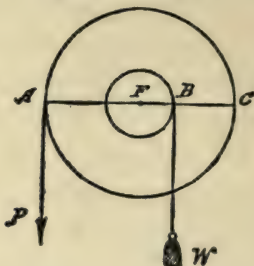


ראָד אין אקסעל

סעל ארומגעדרעהט אַ שטריק, נאָר אין אַ פּערקעהרטער ריכטונג און

ווען מען ציהט ארונטער די שטריק פון דעם ראד, ווערט די שטריק פון דעם אקסעל אלץ מעהר אנגעדרעהט אויף איהם און פערקעהרט, ווען די שטריק פון דעם אקסעל ציהט זיך אויס און דרעהט זיך אב פון דעם אקסעל, ווערט די שטריק פון דעם ראד אלץ מעהר אנגע־דרעהט אויף איהם. צום עק פון דער אקסעל שטריק איז צוגע־בונדען דער געוויכט W, און די קראפט P ווערט אנגעווענדעט ארונטערצושלעפען די שטריק פון דעם ראד. ווען די קראפט P ציהט די ראד־שטריק ארונטער, הויבען אן ביידע צילינדערען זיך דרעהען ארום דער אקס, און די אקסעל־שטריק דרעהט זיך אן אויפ'ן אקסעל און הויבט דעם געוויכט W ארויף צו. ווען דער ראד האט זיך איינמאל ארומגעדרעהט, אדער ווען איינער פון זיינע פונקטען איז געקומען צוריק אויף דעמזעלבען פלאץ ווי פון אנ־פאנג, וועט זיך דער קליינער צילינדער, דער אקסל אויך איינמאל ארומדרעהען. אזוי ווי דער ראד איז דאך פיעל מאל גרעסער ווי דער אקסעל, וועט די קראפט P ארונטערציהען א פיעל לענגערע שטיק פון איהר שטריק ווי דער אקסעל וועט ארויפציהען אויף זיין שטריק. די ארונטערגעצויגענע שטריק וועט גראדע זיין אזוי פיעל מאל לענגער פאר דער ארויפגעצויגענער שטריק ווי פיעל מאל דער ארום פון דעם ראד איז גרעסער פון דעם ארום פון'ם אק־סעל. הייסט דאס אז P וועט זיך בעוועגען אזוי פיעל מאל שנע־לער ווי W. און פון דעם געזעץ פון ארבייט ווייסען מיר אז אויב P בעוועגט זיך לאמיר זאגען 10 מאל שנעלער ווי W מוז זי זיין 10 מאל קלענער פון W. און א פונט קראפט צוגעלעגט צו דער שטריק פון'ם ראד וועט בייקומען 10 פונט W, צו צייגען אז דער ראד און אקסעל איז ניט מעהר ווי איין ליוועד גיבען מיר דא (פיג. 24). זי שטעלט פאר דעם שניט פון די 2 צילינדערען, פונקט F איז די אקס ארום וועלכע די ביידע צילינדערען דרעהען זיך. די פיגור צייגט קלאר אז מיר האבען דא צו טהאן מיט א ליוועד

פיגור 24



דער שניט פון דער מאשין

BA ; ווען מען אנשפארונג פונקט איז F, די אקס P אר־בייט אויפ'ן לאנגען ארם AF פון דעם ראד ביז דער אקס, און דער געוויכט W ווירקט רעכטס אויף דעם קורצען ארם פון דעם אקסעל ביז דער אקס, און דער מעכאנישער גע־ווינס איז דער, וואס P מוז זיין אזוי פיעל מאל קלע־נער פון W, מיט וויפיעל מאל זיין ארעם AF איז גרע־סער פון דעם געוויכט ארעם BF אדער מיט פיעל מאל דער ראד איז גרעסער ארום און ארום ווי דער אקסעל ארום און ארום. עס פערשטעהט זיך אז וואס גרעסער דער ראד און וואס דינער דער אקסעל, אלץ א גרעסערער וועט זיין דער מעכאנישער געווינס. געוועהנליך גאר דין קען מען דעם אקסעל ניט מאכען, ער וועט ניט קענען אויסהאלטען דעם שווערען געוויכט וואס הענגט אויף זיין שטריק. פון דער פיגור 24 זעהט מען קלאר, אז ווען די קראפט P שלעפט די ראד־שטריק ארונטער און ווירקט אויף א געוויסען פונקט פון דעם צילינדער, ארבייט די קראפט אין דעם פונקט אויף דעם לאנגען ארם פון א ליווער פון דער ערשטער קלאסע. דער צי־לינדער הויבט זיך אן צו דרעהען, און צו יעדען מאמענט איז דא א נייער פונקט אויף וועלכען די קראפט ארבייט, א נייער ליווער אבער אלץ פון דערזעלבער גרויס און דיזעלבע ארמס, גראדע אזוי ווי עס ארבייט דער ראד פון א וואסער מיל.

אין דעם ראד פון א וואסער מיל זעהט מען דייטליך די ליווערס, ווייל ער בעשטעהט פון פיעל ליווערס וועלכע זיינען איינגעפיקסט

אין איין מיטעלפונקט פון דעם ראד. די וואסער פאלט מיט איהר קראפט אויף איינעם פון די ליווערס, דער ראד דרעהט זיך, און ווען דער ערשטער ליווער איז ארונטערגעשלעפט אונטער'ן וואסער קומט א נייער ליווער אויף וועלכען די וואסער־קראפט ארבייט ווי פריי־הער, געהט דער אונטער אין וואסער, קומט נאך איינער און אזוי ווייטער.

אייגענטליך קען מען אנשטאט דעם גרויסען צילינדער מיט זיין שטריק ברויכען א הענטעל צוגעפיקסט צום אקסעל, און דאן צייגט זיך ארויס דער כאראקטער פון דעם ליווער דייטליכער. וואס לענגער די הענטעל, וואס לענגער דער ארם פון דער האנד־קראפט אלץ לייכטער וועט זיין צו דרעהען דעם אקסעל און הויבען די מאסע וואס הענגט אויף זיין שטריקעל. און אין דער פראקטיקע ווערט טאקע געברויכט אזא הענטעל. (פיג. 25). צייגט אזא מין ראד און אק־

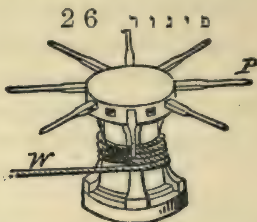
פיגור 25



סעל, וואס די מאטראזען ברויכען. די דיקע קלאץ איז די אקסעל מיט'ן קאנאט, וואס דרעהט זיך אויף איהר אקס. אין שפיץ פון דער אקסעל זעהען זיך לעבער וואו דער מאטראז שטעלט אריין א לאנגע הענטעל און ארבייט מיט דעם לאנגען ארעם פון דעם לי־ווער. אויב די מאטראזען דארפען ארויפשלעפען דעם שווערען אנ־קער, ווערען אזוינע הענטעלעך אריינגעשטעלט אין אלע לעבער, ארער

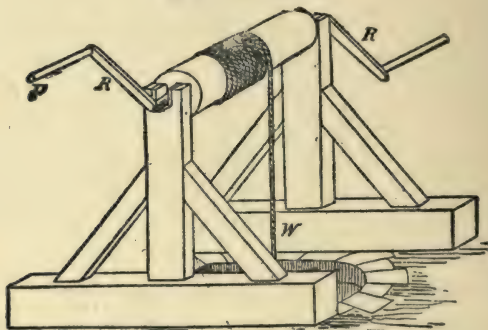
אזוינע הענטלעך זיינען איינגעפיקסט ווי אין (פיג. 26) און פיעלע

פיגור 26



מאטראזען קענען ארבייטען צוזאמען, יעדער אויף א בעזונדערען ליווער. אזעלכע אקסלען מיט א הענטעל אנשטאט דעם גרויסען צילינדער בעגעגענט איהר אויף יעדען שריט און טריט (פיג. 27).

פיגור 27

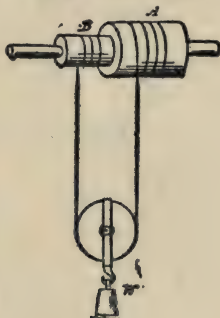


דער מעכאנישער געווינס הענגט אב נאר פון דער ליינג פון דער הענטעל R, וואס לענגער די הענטעל R אלץ גרעסער וועט זיין דער מעכאנישער געווינס, די זייטיגע הענטעל איז צוגעזעצט נאר פון בעקוועמליכקייט וועגען, עס איז לייכטער צו דרעהען די הענטעל R מיט דער הילף פון דער צוגעזעצטער זייטיגער הענ־טעל, און צווייטענס ווייל די דאזיגע זייטיגע הענטעל איז איינגע־פיקסט צום עק פון דעם ליווער R מאכט ניט אויס וואו איהר וועט ניט צולעגען אייער האנט אדער אפילו ביידע הענט צו דער זייטי־

גער הענטעל, וועט איהר אלץ האבען דעם פולען מעכאנישען ווערטה פון דער גאנצער ליינג פון יעם ליוועך R . ווערענד אהן דער זייטיגער הענטעל וואלט שוי, יא אויסגעמאכט וואו איהר לעגט צו אייער האנד אדער הענד צו R , וואס ווייטער די האנד אדער הענד וואלטען צוגעלעגט ווערען פון דעם עק פון דער ליוועך R, וואלט איהר מעהר פערקירצען דעם קראפט ארם פון דעם ליוועך און איהר וואלט האבען א מעכאנישען פערלוסט.

צו הויבען גאר שווערע זאכען ברויכט מען א קאמבינאציע פון אן אקסעל מיט א בעוועגליכע פולי, (פיג. 28) דער גאנצער שכל

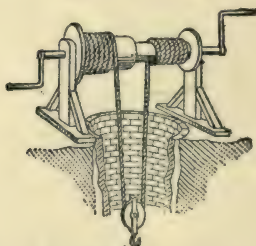
פיגור 28



ליגט דא אין דעם נייעם מין אקסעל. ווי איהר זעהט איז דער אקסעל א דאפעלטער. אויסערליך זעהט דאס אויס ווי א ראד מיט אן אקסעל. אבער אין דער ווירקליכקייט איז דאס איין אקסעל, ווארים אין דער מאשין פון אן אמת'ן ראד מיט אן אקסעל, ווירקט די אקטיווע קראפט אויפ'ן ראד און דער געוויכט אויפ'ן אקסעל, דא אין דעם דאפעלטען אקסעל ווירקט אויף ביידע טיילען, אי אויף דעם גרעבערען אי אויף דעם דינערן בלויז די געוויכט W. אויסער דעם איז אין דעם פאל פון א ראד מיט אן אקסעל געברויכט צוויי בעזונדערע שטריק, איינע פאר דעם ראד און די צווייטע פאר דעם אקסעל. דא איז נאר איין שטריק און זי איז איינגעארדענט אויף אזא אופן. די שטריק נעהמט

א פריהער ארום דעם גרעבערעז טייל **A** פון דעם אקסעל, דאַן כאַפּט זי ארום די בעוועגליכע פולי, און נאָך דעם דרעהט זי זיך אַן ארום דעם דינערעז טייל פון **B** פון דעם אקסעל; דער געוויכט **W** הענגט אויף דעם בלאָק פון דער בעוועגליכער פולי, די קראַפט ווערט צונעלעגט ווי געוועהנליך צו אַ הענטעל אנשטאַט אַ ראַד און ווען דער דאַפּעלטער אקסעל דרעהט זיך, הויבט זיך דער געוויכט מיט דער פולי ארויפצו, און צו דער צייט דרעהט זיך די שטריק אַן אויף דעם טייל **B**, און דרעהט זיך אָב פון דעם טייל **A**. דער מע־כאַנישער געווינס פון אַזאַ מין אקסעל קען זיין געוואַלדיג גרויס. אנווענדענדיג דעם געזעץ פון ארבייט אין דעם פאַל, קענט איהר גלייך איינזעהען די גרויס פון דעם געווינס פון דעם, ווי קליין עס איז די שטרעקע אויף וועלכע דער געוויכט **W** הויבט זיך. ווען דער דאַפּעלטער אקסעל האָט זיך איינמאַל איבערגעדרעהט ארום און ארום, האָט זיך דאָך די שטריק איינמאַל ארומגעדרעהט אויף דעם גרעבערעז טייל **A**, און איינמאַל ארונטערגעלאָזען זיך פון דעם דינערעז טייל **B**. הייסט דאָס דער געוויכט וועט זיך אויפהויבען נאָר אויף אַזוי פיעל וויפיעל די שטריק ארום **A** איז מעהר ווי ארום **B** אדער ווי ווייט דעם ארום פון דעם גרעבערעז טייל איז מעהר פון דעם ארום פון דעם דינערעז טייל, און וואָס קלענער עס וועט זיין דער אונטערשיעד צווישען דעם גראָבען און דעם דינעם טייל, אַלץ לאַנגזאַמער וועט זיך דער געוויכט הויבען. (פיג. 29) שטעלט

פיגור 29

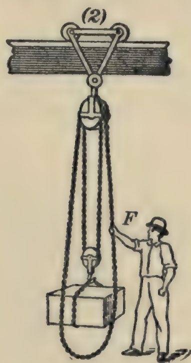


פאַר די מאַשין אין ארבייט, דעם דאַפּעלטען אקסעל, די פולי און די הענטעל. לאָמיר פּרובירען אויסצוגעפינען דעם מעכאַנישען גע־ווינס פון דער מאַשין.

לאמיר זאגען די ענטעל איז 2 פוס לאנג, א פוס האט 12 אינ־טשעס, הייסט דאס די ענטעל איז 24 אינטשעס לאנג; דער גרע־בערער טייל פון דעם אקסעל זאל זיין אין שניט 6 אינטשעס און דער דינערער 5 אינטשעס. הייסט דאס אז די קראפט וואס ארבייט אויף דער ענטעל וועט מאכען א ראד 24 מאל גרעסער ווי דער אונ־טערשייד פון די צוויי טיילען וואס איז ניט מעהר ווי איין אינטש. פון דערפון ווייסען מיר אז די קראפט בעוועגט זיך 24 מאל שנעלער פון דעם געוויכט און דערפאר מוז זי זיין 24 מאל קלענער פון דעם געוויכט. אויסער דעם מאכט דאך די בעוועגליכע פולי א געווינס פון צוויי, גלייך ווי מיר וואלטען דארפען הויבען נאר א העלפט פון דעם געוויכט, הייסט דאס, אז די מאשין ווי זי איז וועט אונז געבען א מעכאנישען געווינס פון 2 מאל 24 (2 פון דער פולי און 24 פון דעם דאפעלטען אקסעל מיט דער ענטעל) אדער 48, דאס הייסט א מענש דרעהענדיג די ענטעל מיט א קראפט פון 100 פונט וועט קענען הויבען א מאסע פון 4800 פונט, נאנצע 2 טאן.

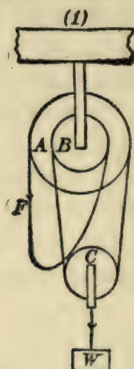
דעמזעלבען קונץ מאכט מען אמאל מיט די פולים. פיג. 30

פיגור 30



ציינט אזא קאמבינאציע פון פולים אין ארבייט. און פיג. 31 ציינט ווי די פולים און די שטריק זיינען איינגעארדענט. איהר זעהט פון אויבען א דאפעלטע איינגעפיקסטע פולי. די פולי A האט אין זיך

פיגור 31

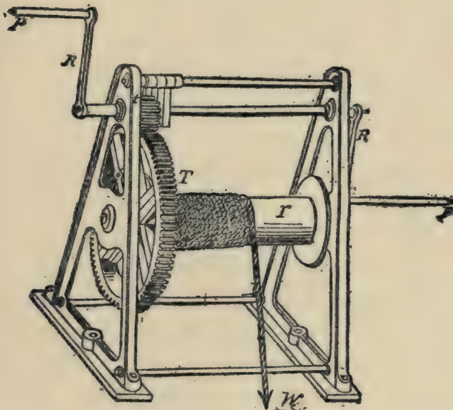


א גרעסערען קרייז ארום ווי די אנדערע פולי B., וועלכע איז אריינגעשטעלט אין דעמזעלבען בלאק מיט A, און די ביידע פולים A און B ארבייטען ווי איין פולי. אויסערדעם וואס B איז ארום און ארום עטוואס קלענער פון A. די שטריק כאפט ארום א פריהער די פולי A, דאן די בעוועגליכע פולי C און צוריק אויף דער קלענערער איינגעפיקסטער פולי B. אין דעם פאל הויבט זיך אויף דער געוויכט נאר אויף דעם אונטערשייד וואס איז צווישען די קרייזען פון דער גרויסער פולי A און דער קלע־נערער B, און די בעוועגליכע פולי מאכט נאך אז די שטרעקע וואס די געוויכט הויבט זיך אויף זאל זיין א העלפט פון דעם אונ־טערשייד. ווען די ארבייטענדע קראפט F האט ארונטערגע־שלעפט איין זייט פון דער ענדלאזער קייט אדער שטריק און האט געמאכט די אנדערע זייט פון דער שטריק צוזאמען מיט'ן געוויכט ארויפצוציהען זיך, קומט ארויס אז אין דער צייט ווען די קראפט האט ארונטערגעשלעפט א שטיק שטריק וואס איז גלייך צו דעם קרייז פון דער גרויסער פולי A, האט זיך צו דערזעלבער צייט ארויפגעשלעפט א שטיק שטריק, אדער קייט וואס איז גלייך צו דעם קרייז פון דער קלענערער פולי B, און פון דער אנדער זייט האט זיך דער געוויכט אויפגעהויבען אויף א העלפט, פון דעם אונטער־שייד פון די קרייזען פון די פולים A און Bדער געוויכט האט זיך

אויפגעהויבען א העלפט פון דעם קרייז פון דער פולי A און האט זיך ארונטערגעלאזען אויף א העלפט פון דעם קרייז פון דער קלענערער פולי B. דער מעכאנישער געווינס קען געמאכט ווער־רען אונגעהויער גרויס. די קראפט האט זיך בעוועגט אויף א שטרע־קע פון דעם גאנצען קרייז פון פולי A, און דער געוויכט האט זיך בעוועגט אויף העלפט פון דער אונטערשייד פון די צוויי פולים A און B. אויב דער קרייז פון A לאמיר אננעהמען צו זיין 36 אינטשעס, און דער אונטערשייד פון די קרייזען פון די פולים A און B זאל זיין 1 אינטש, וועט דער געווינס אויסקומען 36 מאל 2 אדער 72. איין פונקט קראפט קען הויבען 72 פונט גע־וויכט.

צווישען דער הענטעל און דעם אקסעל ווערען אפטמאל גע־ברויכט געקארבטע רעדלעך, וואס קענען פערגרעסערען פיעל דעם מעכאנישען געווינס פון דעם ראד און אקסעל. פיג. 32 שטעלט פאר אזא מאשין.

פיגור 32



די הענטעל R, בעוועגט ניט גלייך דעם אקסעל; נאר זי בע־וועגט א קליינעם געקארבטען רעדעל, וואס זעצט אין בעוועגונג א גרויסען געקארבטען ראד. דער גרויסער „עקארבטער ראד איז איינ־

געפיקסט אויף דערזעלבער אַקס, אויף וועלכער דער אַקסעל דרעהט זיך. די ציינער אָדער די קאַרבונגען פון די רעדלעך זיינען פונקטליך דער זעלבער גרויס. דאָס גיט אונז אַ גרינגען וועג אויס־צוגעפינען און צו פערגלייכען די גרויס פון די רעדלעך זעלבסט. אויב דער גרעסערער רעדעל האָט 100 ציינער, און דער קלענערער 10, ווייסען מיר אַז ער איז 10 מאָל גרעסער אַרום און אַרום ווי דער קלענערער.

יעצט לאָמיר בעטראַכטען דעם מעכאַנישען געווינס פון די גע־קאַרבטע רעדלעך, און לאָמיר למשל אננעהמען אַז דער קליינער רע־דעל האָט 10 ציינער און דער גרויסער 100 אַזעלכע ציינער. ווען די הענטעל **R** איז געווען פערבונדען דירעקט מיט דער אַקס, אויף וועלכער דער אַקסעל האָט זיך פריי געקענט דרעהען, דאַן איז יעדעם מאָל ווען די הענטעל האָט געמאַכט אַ פולען קרייז, האָט זיך אויך דער אַקסעל איין מאָל אַרומגעדרעהט. יעצט אָבער ווען די הענטעל איז פערבונדען מיט דעם קליינעם געקאַרבטען רעדעל, געהט נאָר דער קליינער רעדעל אַרום און אַרום מיט יעדען פולען דרעה פון דער הענטעל. אַזוי ווי דער קליינער רעדעל האָט ניט מעהר ווי 10 ציינער וועהרענד דער גרויסער רעדעל האָט גאַנצע 100 ציינער, וועט זיך דער קליינער רעדעל מוזען צעהן מאָל אַרומדרעהען אַרום און אַרום ביז דער גרויסער רעדעל מיט די 100 ציינער וועט מאַכען איין קרייז, דאָס הייסט די הענטעל וועט מוזען מאַכען צעהן קריי־זען אַרום און אַרום פאַר יעדען קרייז פון'ם אַקסעל. דער אַקסעל מיט די צוויי רעדלעך וועט זיך צעהן מאָל לאַנגזאַמער בעוועגען ווי פריהער אָהן זיי. פערלירענדיג 10 מאָל אין געשווינדקייט מוזען מיר נאָכ'ן געזעץ פון אַרבייט, געווינען 10 מאָל אין קראַפט, איין צעהנטעל פון די פריהערדיגע קראַפט וועט קענען בייקומען דעמ־זעלבען געוויכט, וואָס זי האָט בייגעקומען אָהן די רעדלעך. אַזעל־כע געקאַרבטע רעדלעך ווערען פיעל געברויכט אין די מעכאַניזמען פון זייגערס און זייגערלעך. נאָר דאָרטען ווערען זיי פּראַקטיש גע־ברויכט ניט צוליעב דעם מעכאַנישען געווינס. די רעדלעך גיבען אין די זייגער־מעכאַניזמען אונז די מעגליכקייט צו מאַכען די פערשיע־דענע אַקסען צו בעוועגען זיך מיט אַ געוויסער פּינקטליך אויסגערע־כענטער שנעלקייט.

מיר האבען געזעהען ווי די אלע מאשינען, ראד און אקסעל, דער דאפעלטער אקסעל, די געקארבטע רעדלעך שטאמען אלע פון דעם איינפאכען ליווער. די איבריגע מאשינען, דער קלין, די שארפע שנייד־געצייג, דער הובעל ווי אויך די שרויפען פון פערשיעדענע פארמען שטאמען אלע פון דער איינפאכער מאשינע, די איינגעבוי־גענע ברעט, אדער פלאכע.

צעהנטער קאפיטעל

די איינגעבויגענע פלאכע.

וואס איז אן איינגעבויגענע פלאכע? ווען דער טיש שטעהט פעסט אויף אלע זיינע פיסלעך, רופען מיר אן די פלאכע פון דעם אויבערשטען טייל פון טיש א גלייכע פלאכע. ווען מיר הויבען אויף איין עק פון טיש, ווערט דער אויבערשטער טייל פון טיש אן איינגעבויגענע פלאכע.

א גלאטער ברעט וואס ליגט אויף דער ערד איז א גלייכע פלאכע, ווען מען הויבט אויף איין עק פון דעמזעלבען ברעט, מען לאזט איין עק רוהען אויף דער ערד, און מען שפארט אן דעם אנדערען עק אויף וועלכע עס איז פלאטפארמע אביסעל העכער פון דער ערד, און מען בענוצט זיך מיט דעם ברעט אום לייכטער צו קייקלען שווערע פעסלעך ארויף צו אויף דער פלאטפארמע, ווערט דער ברעט אן איינגעבויגענע פלאכע, און אין דעם פאל ווען מיר בענוצען זיך מיט איהם צו לייכטער מאכען אונזער ארבייט, ווערט די איינגעבויגענע פלאכע פון דעם ברעט אן איינפאכע מאשין.

איידער מיר וועלען זיך נעהמען צו בעטראכטען דעם מעכאנישען ווערטה פון אט דער איינפאכער מאשין, דער איינגעבויגענער פלאכע, דארפען מיר דייטליכער פערשטעהען דעם מיין פון דעםווארט „איינגעבויגען“. דער ברעט בלייבט דאן דער זעלבער גלאטער ברעט, אין איהם אליין איז דאך קיין זאך ניט געקרימט געווארען, הייסט דאך אז דער ברעט האט געביטען זיין לאגע אין פערגלייך מיט אנאנדער זאך. פריהער איז ער געווען אין גלייכער לאגע מיט דער זאך, און יעצט איז ער איינגעבויגען אין פערגלייך מיט דער זאך, וואס איז געבליבען אלץ אין דער זעלבער גלייכער לאגע. פרעגט זיך דאך וואס איז דאס פאר אנאנדער זאך וואס אין פערגלייך מיט איהר איז דער ברעט געווארען איינגעבויגען? אום דאס צו פערשטעהען מוזען מיר זיך א ווייל אבשטעלען אויף צוויי בעגריפען.

וואס האבען צו טהאן מיט געוויסע בעשטימטע ריכטונגען, זיי הייסען די ווערטיקאלע אדער פערפענדיקולארע ריכטונג און די האריזאנטאלע ריכטונג. די צוויי בעגריפען זיינען געווארען געוועהנליכע ווערטער אין אלע ציוויליזירטע שפראכען. ווען איהר הענגט אויף א געוויכט אויף א פאדים, נעהמט די פאדים אן א בעשטימטע ריכטונג, דאס איז די ריכטונג אין וועלכער דער געוויכט וואלט פאלען צו דער ערד, ווען די פאדים וואלט איהם ניט אויפגעהאלטען פון פאלען. די ריכטונג פון דער אנגעצויגענער פאדים ווען א געוויכט הענגט אויף איהר, הייסט די ווערטיקאלע ריכטונג. אין מעכאנישען זין הייסט דאס די ריכטונג פון אלע זאכען וואס פאלען פריי צו דער ערד. אזוי ווי אלע זאכען ווערען צוגעצויגען צו איין און דעמזעלבען פונקט פון דער ערד, צו איהר מיטעלפונקט אדער צענטער, הייסט דאס אז די ריכטונג איז איינע פון די העכסט בעשטימטע ריכטונגען דא אויף דער ערד. א וואנט וואס האט דיזעלבע ריכטונג ווי אט דער פאדים מיט'ן געוויכט, הייסט א ווערטיקאלע אדער א פערפענדיקולארע וואנט.

אין דער פראקטיקע געפינט מען טאקע אויס צי די וואנט האט די פינקטליכע ווערטיקאלע ריכטונג, דורך דעם וואס מען בינדט צו פון אויבען א לאנגען פאדים מיט א געוויכט, אויב די וואנט ציהט זיך ניט אזוי גלייך ווי דער פאדים, איז א געפאהר פאר דער געביידע, ווארים נאר א ווערטיקאלע וואנט וועט בלייבען פעסט שטעהען, אביסעל אבגעקרימט פון דער ווערטיקאלער ריכטונג פון דעם פאדים, שטעהט זי אין געפאהר אין גאנצען איינצופאלען.

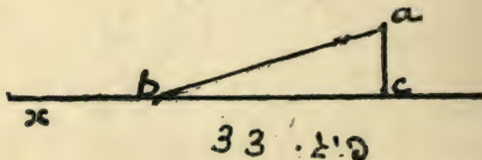
די האריזענטאלע ריכטונג איז די ריכטונג פון פלאכע שטרעקען פון דער ערד זעלבסט, אדער נאך בעסער פון שטרעקען שטילע ניט פליסענדע וואסער, אזוי ווי די פלאכע פון א שטרעקע שטילע וואסער אין ים. אמת, מאטעמאטיש איז דאס ניט ריכטיג, ווייל די ערד איז דאך א רונדע, און יעדער טייל, צי פון דער ערד, צי פון ים, איז א רונדע און ניט קיין פלאכע זאך, אבער אין פראקטיקע, קען מען קליינע שטרעקען פון דער ערד זיכער רעכענען פאר פלאכען.

יעצט קומען מיר צו דער פראגע וואס איז אן איינגעבויגענע פלאכע? דאס איז א פלאכע וואס איז ניט א האריזאנטאלע און ניט

א ווערטיקאלע, נאר א פלאכע וואס שטעהט צווישען זייביידען, און טראגט אויף זיך אין דער זעלבער צייט דעם כאראקטער פון זיי ביי־דען, זי איז אביסעל א האריזאנטאלע און א ביסעל א ווערטיקאלע פלאכע, און זי איז איינגעבויגען צוביידע פון דיזע ריכטונגען. דער ברעט וואס איז געלעגען אויף דער ערד, אדער דער טיש וואס שטעהט אויף אלע זיינע פיס, איז א האריזאנטאלע פלאכע. ווען מיר האבען איין עק פון דער ברעט אויפגעהויבען און אנגעשפארט אויף א העכערע פלאטפארמע און געלאזען דעם אנדער עק אויף דער ערד אדער ווען מיר האבען אויפגעהויבען איין זייט פון טיש, ווערען זיי פלא־כען וואס זיינען איינגעבויגען צו דער פריהערדיגער האריזאנטאלער ריכטונג, מיר האבען זיי אביסעל אויפגעהויבען אין דער ווערטיקא־לער ריכטונג. אבער נאר א ביסעל, אין גאנצען האבען מיר זיי נים דערהויבען ביז דער ווערטיקאלער ריכטונג.

אז א שווערע מאסע ליגט אויף א האריזאנטאלער פלאכע, דריקט זי מיט איהר גאנצען געוויכט אויף דער פלאכע, דיזעלבע מאסע אויף א גלייכער ווערטיקאלער וואנט האט קיין שום דרוק נים, ווייל די מאסע פאלט גלייך און פריי ארונטער צו דער פלאכער ערד, אויף אן איינגעבויגענער פלאכע וועט די מאסע האבען טיילווייז די ניי־גונג אראבצופאלען אדער אראבצוקייקלען זיך צו דער פלאכער ערד, ווי אויף דער ווערטיקאלער פלאכע און טיילווייז וועט זי דריקען, אמת נים מיט דער קראפט פון איהר גאנצען געוויכט, אבער דאך דריקען וועט זי ווי אין דעם פאל פון א האריזאנטאלער פלאכע. וואס ווניגער די פלאכע איז איינגעבויגען, איז זי אלץ נעהענטער צו דער ריכטונג פון דער האריזאנטאלער פלאכע, און וואס מעהר זי איז איינגעבויגען דערנעהענטערט זי זיך צו דער ווערטיקאלער ריכטונג. אין פיג. 33 שטעלט די ליניע XY די האריזאנטאלע ריכטונג,

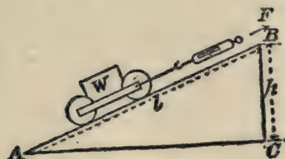
פיגור 33



די קורצע ליניע ac די ווערטיקאלע ריכטונג און די ליניע ab די איינגעבויגענע ריכטונג, וואס גרעסער די ליניע ac *) אלץ מעהר איינגעבויגען איז די ליניע ab. און אלץ נעהענטער ווערט זי צו דער ווערטיקאלער ריכטונג.

יעצט קענען מיר צוטרעטען צו בעטראכטען די איינגעבויגענע פלאכע אלס א מאשין און איהר מעכאנישען ווערטה אין ארבייט.

פיגור 34

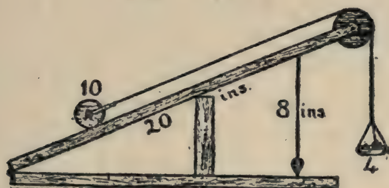


(פיג. 34). די אקטיווע קראפט F שלעפט דעם געוויכט W איבער דער איינגעבויגענער פלאכע פון פונקט A ביז איהר שפיץ פונקט B. וואס פאר אן ארבייט האט די קראפט אויפגע־טהאן? ווען די קראפט שלעפט דעמזעלבען געוויכט אויף דער ערד, אויף א האריזאנטאלער פלאכע, דארף זי נאר בייקומען די רייר־בונג צווישען דעם געוויכט און דער ערד, אזוי ווי די קראפט הויבט דאך ניט דעם געוויכט אין דער הויך, ארבייט זי ניט נעגען דער צו־ציהונג קראפט צווישען דעם געוויכט און דער ערד, און אויב ניט די רייבונג וואלט זיך דער געוויכט בעוואויגען אהן אן אויפה דער האריזאנטאלער פלאכע פון דעם מינדעסטען שטויס; דא אבער ארויסלאזענדיג פון רעכענונג די ארבייט פון דער קראפט צו ביי־קומען די רייבונג צווישען דעם געוויכט און דער איינגעבויגענער פלאכע, בעשטעהט די ארבייט אין הויבען דעם געוויכט, זי ארבייט נעגען דער צוציהונגקראפט וואס שלעפט דעם געוויכט ארונטער צו

*) אויפ'ן מאטעמאטישען לשון זאגט מען וואס גרעסער דער ווינ־קעל צווישען דער האריזאנטאלער און דער איינגעבויגענער פלאכע, וואס גרעסער דער ווינקעל, אלץ גרעסער איז די ליניע ac

דער ערד צו. ווען זי האט ארויפגעשלעפט דעם געוויכט אויפ'ן שפיץ צו פון דער איינגעבויגענער פלאכע, האט זי אבגעטהאן איהר ארבייט, זי האט אויפגעהויבען דעם געוויכט, אבער אויף וואס פאר א שטרעקע האט זי איהם אויפגעהויבען? די שטרעקע אדער די הויך מוז מען מעסטען אין דער ווערטיקאלער ריכטונג, ווארים די צוציהונג קראפט ארבייט דאך נאר אין ווערטיקאלער ריכטונג. אלזא ווי איהר זעהט פון דער פיגור, ווען דער געוויכט שטעהט אויף'ן פונקט B , האט ער זיך אויפגעהויבען אויף דער שטרעקע B O אדער h, דאס הייסט אויף אזוי פיעל וויפיעל דער איינגעבויגענער ברעט איז אויפגעהויבען געווארען אין דער ווערטיקאלער ריכטונג. יעצט קענען מיר לייכט אנווענדען דעם אלגעמיינעם געזעץ פון ארבייט אום אויסצורעכענען פינקטליך דעם מעכאנישען געווינס פון דער איינגעבויגענער ברעט. די קראפט האט געמאכט די גאנצע שטרעקע פון דער איינגעבויגענער פלאכע A F' , און דער געוויכט W האט זיך נאר אויפגעהויבען אויף דער שטרעקע h אזוי ווי די שטרעקע פון דער קראפט איז גרעסער פון דער שטרעקע פון דעם געוויכט, וועט די קראפט זיין אזוי פיעל מאל קלענער פון דעם געוויכט, מיט וויפיעל מאל די איינגעבויגענע שטרעקע איז גרעסער פון דער ווערטיקאלער שטרעקע. וואס לענגער די ברעט און וואס ווייניגער איהר איינגעבויגענקייט, אלס גרעסער וועט זיין דער מעכאנישער געווינס פון דער מאשין. ווען די לענג פון דער ברעט איז 20 פוס און זי איז אויפגעהויבען נאר איין פוס הויך וועט דער מעכאנישער געווינס זיין 20, איין פונט קראפט וועט קענען הויבען 20 פונט געוויכט. געוועהנליך איז אין דעם פאל די רייבונג גאנץ בעדייטענד און דער ווירקליכער געווינס וועט זיין קלענער פון 20. און די פיגור צייגט, ווי מיר קענען בעווייזען דעם געווינס. צו דעם געוויכט (די רעדלעך אונטען זיינען געמאכט אום צו פערקלענערען ווי ווייט מעגליך די רייבונג) איז צוגעבונדען א ספרואנזשינגע וואג, און די קראפט וואס איז נויטיג צו שלעפען דעם געוויכט ווערט אנגעציינט אויף דער ספרואנזשינגע וואג, און אלע עקספערימענטען בעווייזען ווי ריכטיג עס איז דער געזעץ פון ארבייט, וואס גיט אונז די מעגליכקייט פאראויס צו רעכענען דעם געווינס פון אלע מאשינען. (פיג. 35) ציינט ווי מען קען בעקוועמער מאכען די דאזיגע

פיגור 35



עקספערימענטען. דא זעהען מיר צוויי ברעטער וואס זיינען בע־העפט אויף זאוויעסעס און די אויבערשטע ברעט בעוועגט זיך פריי. אונטערשפארענדיג זיי מיט קלעצער פון פערשיעדענע גרויס, קען מען מאכען די אויבערשטע ברעט מעהר איינגעבויגען, אדער וועני־גער ווי מען וויל. דער פאדים מיט דעם געוויכט מעסט די הויך פון דער איינגעבויגענער פלאכע. אנשטאט א ספראנזשינע וואג ברויכט מען דא אין דער פיגור געוועהנליכע וואגען, וואס שלעפען די מאסע דורך די שטריקעל וואס איז איבערגעווארפען איבער דער איינגעפיקסטער פולי און איז צוגעבונדען צום געוויכט. די ברעט אין דער פיג. איז 20 אינטשעס, דער ווערטיקאלער פאדים איז 8 אינטש. צוויי און א האלב מאל קלענער פון דער ברעט. דאן אום ארויפצו־שלעפען דעם געוויכט פון 10 פונט איז גענוג ארויפצולעגען אויפ'ן שאל 4 פונט, אויך 2 און א האלב מאל ווייניגער פון דעם געוויכט, און מאכענדיג עקספערימענטען מיט פערשיעדענע געוויכטען און פערשיעדענע הויכקייטען פון דער איינגעבויגענער ברעט, געפינען מיר אימער די ריכטיגקייט פון דעם געזעץ פון ארבייט. מיט דער זעלבער לענג פון דער ברעט וועט אויסקומען אז וואס קלענער די הויך, אלץ גרעסער דער געווינס; זאל אין דער פיגור די לענג פון דעם ווערטיקאלען פאדים זיין אנשטאט 8 פיער אינטשעס, וועט מען דארפען בלויז 2 פונט צו הויבען די 10 פונט, אויב 2 אינטשעס, וועט די קראפט וואס קען שלעפען די 10 פונט זיין בלויז איין פונט א. ז. וו.

דאס איז אלץ געזאגט געווארען ווען די קראפט ארבייט פונקט אין דער זעלבער ריכטונג ווי די איינגעבויגענע פלאכע. אין די פא־לען ווען די קראפט ארבייט אין אן אנדער ריכטונג, למשל א קראפט

וואס האט א האריזאנטאלע ריכטונג אדער די ריכטונג פון דער אונ־טערשטער ברעט, שטופט דעם געוויכט ארויף צו, ווערט דער מעכאני־שער געווינס זיין אבהענגיג פון דער פערהעלטניס צווישען דער הויך און דער לענג פון דער אונטערשטער האריזאנטאלער ברעט, ווייל אין דעם פאל וועט דער געוויכט מאכען די שטרעקע פון דער הויך פון די 2 ברעטער, און די האריזאנטאלע קראפט וועט מאכען די שטרעקע אזוי לאנג ווי די אונטערשטע ברעט. דאן וועט די קראפט זיין אזוי פיעל מאל קלענער פאר'ן געוויכט, מיט וויפיעל מאל די אונטערשטע האריזאנטאלע ברעט איז גרעסער פון דער ווערטיקא־לער הויך.

אין דעם ערשטען פאל, ווען די קראפט שלעפט דעם געוויכט אין דער ריכטונג פון דער איינגעבויגענער ברעט, וועט די קראפט אימער זיין קלענער פון דעם געוויכט, ווייל די איינגעבויגענע שטרעקע בלייבט אונטער אלע אומשטענדען אימער גרעסער ווי די הויך אדער די ווערטיקאלע שטרעקע.

אין דעם צווייטען פאל, ווען די קראפט ארבייט אין דער האריזאנטאלער ריכטונג, איז מעגליך צו האבען אמאל א מעכאנישען גע־ווינס און אמאל א מעכאנישען פערלוסט, ווייל די הויך אדער די ווערטיקאלע ריכטונג איז ניט אימער קלענער פון דער באזע, אדער פון דעם האריזאנטאלען ברעט, (אין פיגור 35), און ווען די הויך פון דער איינגעבויגענער ברעט איז גרעסער פון איהר האריזאנטאלער שטרעקע וועלען מיר האבען א מעכאנישען פערלוסט, די קראפט וועט מוזען זיין גרעסער פון דעם געוויכט, וואס מיר ווילען בייקו־מען און אויפהויבען אין דער הויך.

ווען מיר קלעטערען ארויף בארג, קלעטערען מיר אויף איין איינגעבויגענער פלאכע. וואס גרעסער עס איז די איינגעבויגענ־קייט פון דעם בארג אלץ שווערער איז צו קלעטערן איבער איהם. אום צו קלעטערען לייכטער אויף אזא בארג זעהען מיר צו מאכען לענגער די ליניע אדער דעם וועג דורך דעם וואס מיר געהען ניט אין א גלייכער ליניע ארויף צו, נאר אין זיג־זאג ליניעס, אביסעל אן א זייט און צוריק, און ווייטער אביסעל אן א זייט. די טרעפען אין א הויז איז א געוועהנליכערביישפיעל פון אן איינגעבויגענער

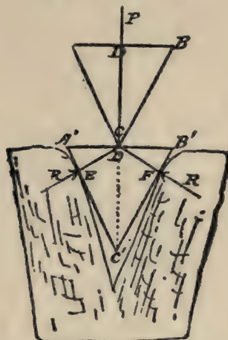
פלאכע, וואָס מעהר טרעפען, און וואָס ווענינער איינגעבויגען זייַ זיינען, אלץ לייכטער איז פאר אונז צו שלעפען אונזער איינגענעם געוויכט ארויף צו. אין א לייטער וואו די ווערטיקאלע הויך איז ניט פיעל קלענער פון דעם לייטער זעלבסט, דאָס הייסט פון דער איינגעבויגענער פלאכע, איז דער מעכאנישער געווינס קליין, און מיר פיהלען ניט שטארק די פערלייכטערונג פון אונזער קלעטערן. אין דעם נייעם דיפּאָ אויף 42טע שטראסע איז די גאנצע פּלאַט־פאָרמע ביים ארויסגאנג געמאכט געוואָרען אַן איינגעבויגענע פלאַ־כע, און עס פערלייכטערט פיעל דעם קלעטערען ארויף און אראָב. צו אנלאדען און אויסלאדען שווערע פעסער פון וואַגאָנען ווערען אויף יעדען שריט און טריט געברויכט אזעלכע איינגעבויגענע פּלאַטפאר־מען אדער ברעטער. עס ווערט אפטער געברויכט אין דעם פאל פון שווערע פעסער, ווייל די רייבונג צווישען די קיילעכדיגע פעסער און די איינגעבויגענע פלאכען איז קליין, אין דעם פאל פון אנדערע שווע־רע פעק ברויכט מען בעסער אנדערע איינפאכע מאַשינען וואו די רייבונג איז אונבעדייטענד און שטערט וועניגער זייער מעכאנישען געווינס, ווי די איינגעבויגענע פלאכען. אויך ווען מען וויל אויפהוי־בען אַ זאך אויף וועלכע עס איז בעדייטענדע הויך, קען מען וועניג בענוצען די איינגעבוינענע פלאכע. מיר האָבען געזעהען אז אום צו האָבען אַ גרויסען מעכאנישען געווינס דורך דיזע איינפאכע מאַשין, מוז איהר הויך זיין וואָס קלענער אין פערגלייך מיט דער איינגע־בויגענער פלאכע, פיעל מעהר נוטצען דאַן די אַנדערע איינפאכע מאַ־שינען ווי דער קלין און דער שרויף וואָס שטאַמען פון דער איינגע־בויגענער פלאכע.

עלפטער קאפיטעל

דער קלין און דער שרויף.

עס זיינען געננג בעווייזע פון היסטארישען כאראקטער צו מאַכען אונז גלויבען אז אין די עלטערע ציוויליזאציאנען האט דער קלין געשפיעלט א גרעסערע ראָליע ווי היינט. צווישען די רואינען פון די נאָר גרויסע טעמפלען פון די אלטע ציוויליזירטע פעלקער אין אזיען און אפריקא, האט מען דאָ און דאָרט געפונען גרויסע קלינעס פון בראָנזע. מאנכע דיינקען אז די וואונדערליך גרויסע שטיינער פון וועלכע די פיראמידען אין מצרים זיינען געבויט, זיינען אויפגעהויבען געוואָרען און אוועקגעשטעלט געוואָרען מיט דער הילף פון דעם קלין, היינט אין דער גיגאנטישער ענטוויקלונג פון מאשינעריי שפיעלט ער אפילו א קנאפע ראָליע אין די גרויסע אינדוסטריען. אבער דאָך צווישען די איינפאכע הויז־געצייג פערנעהמט ער נאָך אלץ א געהויבענעם פלאץ. יעדער ביי זיך אין הויז ווייס גאנץ גוט דעם ווערטה פון א קלין, ווען ער וויל אונטערשפארען א שווערע שטיק מעבעל, אויסגלייכען א שווערען אלמער מיט ביכער, בעפעסטיגען טירען און פענסטער. אויסער דעם איז יעדער מעסער, האק, ניט מעהר ווי א געוויסע פאָרמע פון א קלין, אם מייסטען איז דער קלין בעקאנט אלס דער אינסטרומענט צו שפאלטען גאנץ גרויסע קלעצער האלץ. מען ברויכט נאָר צו מאכען א קליינעם שפאלט אין דעם האלץ און דאן וועט שוין דער קלין טהאָן טיכטיג זיין ארבייט, און אינגאנצען צושפאלטען די גרעבסטע שטיקער האלץ. דערפאר וועלען מיר טאקע אנפאנגען געגויער צו בעטראכטען דיעזע איינפאכע מאשין און איהר שייכות מיט דער איינגעבויגענער פלאכע (פיג. 36)

פיגור 36



דער שרויף מיט'ן קאלנער

שטעלט פאר דעם קלין ABC אין אנפאנג פון זיין ארבייט און דעמזעלביגען קלין A'B'C' א ווייל שפעטער, ווען ער איז אויף א געוויסע שטרעקע אריינגעטריבען געווארען אין דעם האלץ. ביים ערשטען בליק אויף דעם קלין A B C קענט איהר גלייך דערקענען, אז דאס איז א דאפעלטע איינגעבויגענע פלאכע, צוזאמענגעשטעלט פון צוויי אזעלכע איינגעבויגענע פלאכען, וואס זיינען ווי צוזאמענגעשמאלצען אין מיטען אין דער ליניע D C נעהמט די העלפט פון דעם קלין, די פיגור A B D האט איהר א פאלקאמענע איינגעבויגענע פלאכע, לעגט דאס אוועק אויף דער זייט C D האט איהר אלע בעקאנטע טיילען פון איהר, CD די באזע אדער די האריזאנטאלע ליניע A D די הויך אדער די ווערטיקאלע ריכטונג און AC די איינגעבייגענע פלאכע; דאס זעלבע איז מיט דער אנדער העלפט BCD, זי האט די זעלבע באזע CD, בעהעפט זיי מיט זייערע באזען C D צוזאמען אין איין שטיק, פערשווינדעט די באזע CD און איהר בעקומט דעם קלין A BC, וואס איז דער מעכאנישער ווערטה פון דעם קלין? אין די פריהערדיגע מאשינען האבען מיר געהאט צו טהאן מיט געוויכטען, דא האבען מיר צו טהאן מיט גאר אנאנדער מין קראפט. ביים שפאלטען די האלץ דארפען מיר בייקומען די קראפט וואס האלט צוזאמען די טיילען און טיילכעלעך

פון דעם האַלץ, די קראַפט וואָס מאַכט האַלץ פאַר א האַרטע זאַך. די קראַפט עקזיסטירט אין אַלע האַרטע זאַכען, אין איינע אין א גרע־סערער מאָס, און אין די אַנדערע אין אַ קלענערער. אין אייזען איז זי פיעל גרעסער ווי אין פּוטער, אָבער אָהן איהר וואָלטען דאָך קיין האַרטע זאַכען אויף דער וועלט ניט עקזיסטירט. ווי אַרבייטען אין דעם פאַל די אַקטיווע קראַפט און די קראַפט וואָס מען וויל בייקו־מען? דער האַמער אָדער דער האַק, מיט וועלכען מען טרייבט דעם קלין אין די האַלץ אריין, די אַקטיווע קראַפט P אין דער פיגור אַרבייט אין דער ריכטונג פון דער ליניע CD, דיזעלבע ליניע וואָס שטעלט פאָר די צוזאַמענגעשמאָלצענע פלאַכען אָדער די האָ־ריזאָנטאַלע ריכטונגען פון דעם קלין.

ווען דער קלין איז אריינגעטריבען דורך די אַקטיווע קראַפט אין דעם האַלץ און מיר שטעלען זיך אָב צו בעטראַכטען איהם ווען ער איז אין דער לאַגע פון $A'B'C'$, האָט די אַקטיווע קראַפט דורכ־געמאַכט די שטרעקע $C'D'$ ווי עס איז אַנגעצייגט מיט דער גע־פּינקטעלטער ליניע $C'D'$. וואָס פאַר אַ שטרעקע האָט אין דער צייט דורכגעמאַכט די צוזאַמענבינדענדע קראַפט פון דעם האַלץ, וועלכע דער קלין האָט בייגעקומען? די קראַפט דריקט אויף ביידע זייטען פון דעם קלין און די שטרעקע וואָס זי האָט געמאַכט ווערט גע־מאָסטען דורך די ליניע ED' פון איין זייט און FD' פון דער אַנדער זייט.

די דאָזיגע צוויי ליניען זיינען ווערטיקאַל צו די זייטען פון דעם קלין, גראַדע ווי די ליניע פון אַ געוויכט איז אימער ווערטיקאַל צו דער האָריזאָנטאַלער פלאַכע.

יעצט קענען מיר גאַנץ גענוי אויסרעכענען דעם מעכאַנישען געווינס פון אַ קלין, די אַקטיווע קראַפט האָט דורכגע־מאַכט די שטרעקע פון $C'D'$, די קראַפט וואָס מיר ווילען בייקו־מען, דער דרוק פון דעם האַלץ אויף די זייטען פון דעם קלין האָט דורכגעמאַכט די שטרעקען ED' פון איין זייט און ED' פון דער אַנדער זייט, אַזוי ווי די שטרעקע $C'D'$ איז גרעסער פון ED' מוז די אַקטיווע קראַפט זיין אַזוי פיעל מאָל קלענער פון דעם דרוק פון דעם האַלץ, וויפיעל מאָל איהר שטרעקע CD' איז גרעסער פון דער ליניע ED' וואָס לענגער דער קלין, אַלץ גרעסער וועט זיין די

שטרעקע פון דער אקטיווער קראפט, און וואס נעהענטער די זייטען זיינען איינע צו די אנדערע, אדער וואס שפיציגער דער קלין, אלץ גרעסער וועט זיין דער מעכאנישער געווינס פון דיזער איינפאכער מאשין. וואס איז א נאדעל, א נאגעל און יעדע שפיציגע זאך? ניט מעהר ווי א רונדער קלין. א ראזיר מעסער, אלע אנדערע פארמען פון שנייד־אינסטרומענטען, א האק, א הובעל א. ז. וו. זיינען אויך ניט מעהר ווי מעטאלענע קליגעס און וואס נעהענטער די צוויי איינגעבויגענע פלאכען פון דיזע שנייד־אינסטרומענטען, דאס וואס מיר רופען איינענטליך שארף, אלץ ווייניגער קראפט דארפען מיר ברויכען ביים שניידען די זאכען. געווענליך וואס שפיציגער דער קלין, וואס שארפער די שנייד אינסטרומענטען, וועלען זיך זייערע שפיצען און זייערע שארפע ברעגעס לייכט ברעכען. א ראזיר מעסער קען האבען דעם שארפסטען ברעג זאלאנג ער דארף שניידען אזא לייכטע זאך ווי האר, מען קען איהם אבער ניט ברויכען פאר הארטערע זאכען.

פערגלייכענדיג דעם קלין מיט דער איינגעבויגענער פלאכע פון וועלכער ער שטאמט, קען מען אנדייטען אויף דעם אונטערשייד צווישען זיי אין צוויי פונקטען.

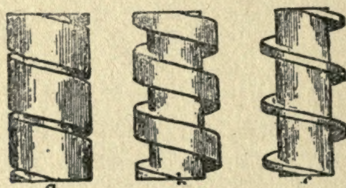
1) די איינגעבויגענע פלאכע אליין בעוועגט זיך דאך ניט, איבער איהר בעוועגען זיך די זאכען וואס מיר ווילען בייקומען, דער קלין ארבייט פערקעהרט, ער אליין, די איינגעבויגענע פלאכע זעלבסט הייסט דאס, בעוועגט זיך, און די זאך וואס מיר ווילען בייקומען בעוועגט זיך ניט. (2) אין דער איינגעבויגענער פלאכע ווי אויך אין די אנדערע מאשינען איז די רייבונג אימער בעטראכט געווארען אלס א שטער צו דער ארבייט, און מיר האבען געזוכט מיטלען ווי צו פערקלענערען די רייבונג; אין דעם קלין איז די רייבונג אי א שטער, אי א הילף.

ווען מיר גיבען א קלאפ דעם קלין מיט׳ן האממער אום אריינצוטרייבען איהם אין די האלץ, מוז די קראפט בייקומען די רייבונג צווישען דעם קלין און דאס האלץ, און דא איז די רייבונג א שטער צו דער ארבייט גלייך מיט די אנדערע מאשינען, ווען איהר הויבט אבער אן צו געבען א צווייטען קלאפ, לאזט דיזעלבע רייבונג

דעם קלין ניט צוריקצוגעהען. די רייבונג העלפט דעם קלין אָנצוהאַל־טען פעסט דעם שטיקעל פּראַגרעס וואָס ער האָט געמאַכט און לאָזט דאָס ניט אָב ביז דער צווייטער שטוים פון האמער וועט איהם אריינ־טרייבען אַ טריט ווייטער אין האָלץ א. ז. וו. אויך האָבען מיר אַלץ גערערט וועגען קלינעס מיט איינגעבויגענע פלאַכען פוןביידע זיי־טען, איז דאָס דערפאַר, ווייל מיר האָבען געהאַט אין זינען די גע־וועהנליכע נוטצען פון דעם קלין אין שפּאַלטען אָדער שניידען. ווען די קראַפט וואָס מיר ווילען בייקומען רינגעלט איהם אַרום פון פיע־לע זייטען, אָדער פון צוויי זייטען. וואו מען ברויכט דעם קלין ניט צו שפּאַלטען און שניידען, האָט ער ניט מעהר ווי איין איינגעבויגענע פלאַכע. אַ קלין וואָס שפּאַרט אונטער אַ פענסטער, אַ שווערען אַלמער א. ז. וו. האָט טאַקע מעהר ניט ווי אין איין זייט די איינגעבויגענע פלאַכע און דאָ קען יעדער לייכט זעהען אז דאָס איז דיזעלבע מאַשין. עס בלייבט אונז נאָר אָנצוצייגען אויף'ן צווייטען קינד פון דער איינ־געבויגענער פלאַכע, דעם שרויף. אויב מיט'ן קלין קענען מיר נאָר אויסגלייכען, אונטערשפּארען שווערע זאַכען, קענען מיר מיט דער הילף פון דעם שרויף הויבען די שווערסטע זאַכען.

עס איז לייכט צו איבערצייגען זיך, אז דער שרויף שטאַמט פון דער איינגעבויגענער פלאַכע. שניידט אויס פון פּאַפּיער אַן איינ־געבויגענע פלאַכע, די הויך זאָל זיין אַ גאַנץ קליינע, און וויקעלט דאָס אַרום אַ צילינדער, אַרום אַ פענסעל, אַ פען־האַלטער און איהר וועט גלייך דערזעהען די פאָרמע פון דעם שרויף (פיג. 37) די ספּיראַלע לי־ניען וואָס שלענגלען אַרום שטאַמען פון דער איינגעבויגענער ליניע.

פיגור 37

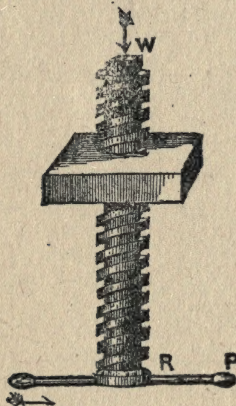


לינקס דער שרויף מיט די פעדים טיעף איינגעשניטען.
רעכטס און אין מיטען מיט בולטע פעדים פון פערשיידענע גרויס.

און די ווייטקייט פון איין שלענגעל ביז דעם אנדערן שטאמט פון דער ווערטיקאלער ריכטונג אדער דער הויך פון דער איינגעבויגענער פלא־כע. די שלענגלען אדער די ספיראלען רופט מען די פעדים פון דעם שרויף. עס פערשטעהט זיך אז אוועקשטעלען דעם געוויכט אויף די שרויף־פעדים, ווי שטארק און ברייט די פעדים זאלען ניט זיין, וואלט געווען א ברכה־לבטלה. ווארים דער געוויכט וואלט זיך אראבגע־גליטשט פון דעם שרויף פאדים און ארונטערגעפאלען אן א זייט.

די מייסטע שרויפען זיינען דערפאר בעזארגט מיט קאל־נערס, אדער ווי זיי הייסען אין ענגליש נאטס. פיג. 38. דער קאל־

פיגור 38

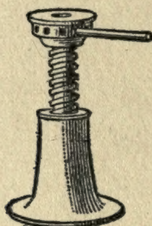


דער שרויף מיט'ן קאלנער

נער איז אינוועניג דערזעלבער שרויף, ווי דער שרויף אויף וועמען ער איז אנגעטהאן, נאר אזוי אז דער קאלנער מיט דעם שרויף פא־סען זיך איין איינער אין דעם אנדערען. האט דער שרויף בולטע פע־דים האט דער קאלנער איינגעשניטענע פעדים און פערקעהרט. דעם געוויכט וואס מען וויל הויבען לעגט מען אוועק אדער אויף'ן קאל־נער אדער אויף'ן צילינדער זעלבסט און מען קען דרעהען אדער דעם קאלנער ארום דעם צילינדער, דאן דארף מען זעהען אז דער צילינדער זעלבסט זאל זיך ניט בעוועגען ארויף און אראב, אדער פערקעהרט.

דעם שרויפ'ס מעכאנישען ווערטה איז לייכט אויסצר־געפינען. צו איהר דרעהט דעם צילינדער אין דעם קאלנער און לאזט דעם קאלנער זיך ניט דרעהען, צו איהר דרעהט דעם קאלנער ארום דעם צילינדער, דארף אייער האנד אדער די אקטיווע קראפט מאכען א פולען קרייז פון דעם צילינדער אדער פון דעם קאלנער, אין דער צייט ווען דער געוויכט אדער די קראפט וואס מיר ווילען בייקומען, וועט דורכמאכען נאר די קליינע שטרעקע וואס טיילט אב איין שרויף־פאדים פון דעם אנדערען. דעם צילינדער פון דעם שרויף קען מען בע־וועגען דורך א הענטעל, וואס איז דאס זעלבע ווי צו מאכען א קאמבי־נאציע פון דעם ליוועך און דעם שרויף. (פיג. 39) דאס איז די גע־

פיגור 39

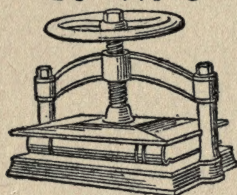


דער שרויף צו הייבען הייזער

וועהנליכע פארמע פון דעם שרויף מיט וועלכען מען הויבט אטאמא־בילען, גאנצע הייזער. מאכט א רעכענונג נאך דעם געזעץ פון אר־בייט נאך. אויב די הענטעל איז אפילו ניט מעהר ווי 2 פוס לאנג) וועט די קראפט מאכען א רעדעל וואס מעסט ארום און ניט וועניגער ווי 12 פוס, אדער 144 אינטשעס. אין דער זעלבער צייט וועט דער געוויכט זיך אויפהויבען ניט מעהר ווי אויף דער שטרעקע וואס טהיילט איין שרויפ־פאדים פון דעם אנדערען, לאמיר זאגען, אז די ווייטקייט פון די פעדים איז א האלבער אינטש. דאן איז דער מעכאנישער געווינס 288, דאס הייסט 10 פונט קראפט קען הויבען כמעט 3000 פונט געוויכט, און ווען אפילו דורך די רייבונג, וועלכע איז אין דער שרויף ניט וועניגער בעדייטענד ווי אין דעם קלין, זאל פארלארען געהען א העלפט פון דעם געווינס, וועט דאס הייסען

אז א פונט אקטיווע קראפט דורך דער קאמבינאציע פון ליווער און שרויף קען הויבען 150 פונט געוויכט, א קראפט פון 100 פונט, א געוועהנליכע מענשליכע קראפט וועט קענען הויבען 15,000 פונט אדער 7 טאן. (פיג. 40) איז אנאנדער מין שרויף וואס מען ברויכט

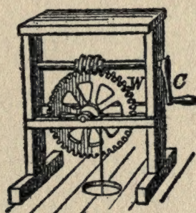
פיגור 40



דער שרויף אלס א פירעס

צוזאמענצופרעסען ביכער, פאפיער. דער צילינדער פון דעם פרעס־שרויף ווערט אויך געדרעהט אנשטאט א הענטעל דורך א גרעסערען ראד ווי דער צילינדער און דער געווינס איז דערוזעלבער. איין פונט קראפט וואס בעווענט דעם אויבערשטען ראד, מאכט אזוי און אזוי פיעל פונט דרוק אויף די ביכער, פאפירען און דאס גלייכען. אין דיע־זע אלע ביישפיעלע האבען מיר די שרויפען מיט קאלנערס, אין פיג. 39 איז דער קאלנער דער אונטערשטער קאסטען. אין פיג. 40 זעהט איהר דעם קאלנער אין מיטען, און דורך איהם נעהט דורך דער שרויף (פיג. 41) ציינט אז א קונצינגען מעכאניזם א קאמבינאציע

פיגור 41



דער ווארם—ראד

פון א שרויף, א געקארבטען ראד און א הענטעל אדער ליוועה. ער

הייסט דער ווארים־ראד, דער געקארבטער ראד גיט אונז די מעגליכ־
קייט צו געברויכען דעם שרויף אהן א קאלנער, און צו דער זעלבער
צייט פערגרעסערט ער נאך פיעל דעם מעכאנישען געווינס פון דעם
שרויף. מיט דעם גרויסען געזעץ פון נויטאן וועגען מאשין ארבייט
קענט איהר לייכט אויסרעכענען דעם געווגס. דער געוויכט הייננט
אויף דעם אקסעל פון דעם געקארבטען ראד, אויב דער געקארבטער
ראד וועט האבען למשל 100 ציינער אדער קארבען, וועט די הענ־
טעל אדער דער ליוועה C מאכען 100 קרייזען ביז דער אקסעל וועט
זיך איינמאל ארומדרעהען ארום און ארום. דעם מעכאנישען גע־
ווינס קען מען דערמיט מאכען משונה׳דיג גרויס, דערפאר וועט זיך
דער געוויכט הויבען זעהר און זעהר לאנגזאם.

אין די העכסט קאמפליצירטע מאשינען וועט איהר געפינען
די אנווענדונג פון דיזע איינפאכע מאשינען אדער זייערע קאמבי־
נאציעס. איך האף אז מיר איז געלונגען בעקאנט צו מאכען דעם
איינפאכסטען לעזער מיט דער הילף וואס די איינפאכע מאשינען
גיבען אונז אין ארבייט און מיט נויטאנ׳ס וויכטיגען געזעץ פון זייר־
ער ארבייט, דער געזעץ וואס גיט אונז די מעגליכקייט לייכט צו בע־
גרייפען און פאראויסרעכענען זייער מעכאנישען געווינס.


3 1761 04703972 2